



Plan de
Desarrollo Institucional

INSTITUTO DE
GEOCIENCIAS

20²⁴
28



Universidad Nacional Autónoma de México



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

DR. LEONARDO LOMELÍ VANEGAS
Rector

DRA. PATRICIA DOLORES DÁVILA ARANDA
Secretaria General

MTRO. TOMAS HUMBERTO RUBIO PÉREZ
Secretario Administrativo

DRA. DIANA TAMARA MARTÍNEZ RUIZ
Secretaria de Desarrollo Institucional

MTRO. HUGO ALEJANDO CONCHA CANTÚ
Abogado General de la Universidad

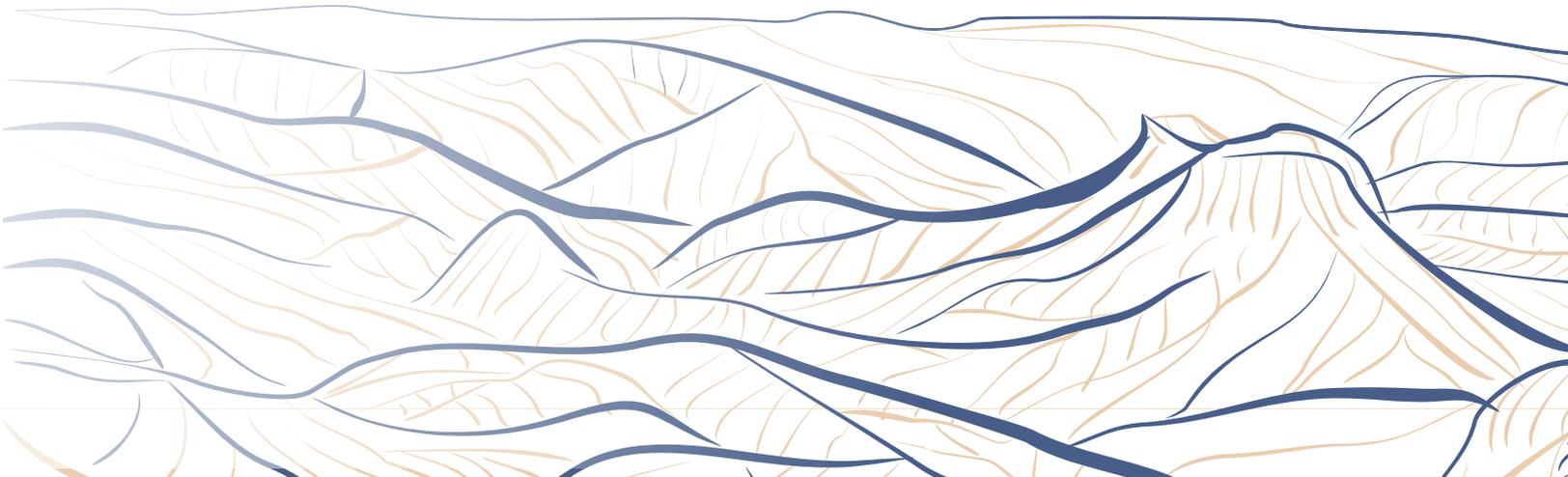
DRA. MARÍA SOLEDAD FUNES ARGÜELLO
Coordinadora de la Investigación Científica

INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

Dr. Juan Pablo Bernal Uruchurtu
Director

Dr. Jaime Jesús Carrera Hernández
Secretario Académico

Mtra. Nelly Rivera Yáñez
Secretaria Administrativa



INTRODUCCIÓN

Se presenta el **primer plan de desarrollo para el Instituto de Geociencias (IGC)**, creado por el H. Consejo Universitario en su sesión del 21 de marzo del 2024 a partir del Centro de Geociencias. Este documento busca establecer la estructura académica del Instituto, aprovechar la madurez del personal académico de la entidad académica, para establecer líneas de acción que permitan consolidar al IGC como una institución líder en las Ciencias de la Tierra en México y América Latina, con amplio reconocimiento local, nacional e internacional, aunado a la calidad del trabajo académico y recursos humanos que emanan de la institución, así como a la vinculación con diversos ámbitos de la sociedad, y comprometida con las labores esenciales encargadas por la rectoría.

Este documento presenta una manera novedosa de estructurar el campo de conocimiento de las geociencias realizadas en el Instituto, en diversas líneas de investigación que han sido agrupadas en preguntas básicas de la misma. Esta aproximación, va más allá del agrupamiento de los distintos proyectos e intereses de investigación en líneas de investigación y presenta las preguntas básicas que están detrás de los diversos proyectos de investigación que se llevan a cabo, lo anterior con la finalidad de generar herramientas que faciliten la socialización del trabajo y conocimiento generado por el personal académico del Instituto y que reflejan la posición del mismo en la vanguardia de la investigación en las Ciencias de la Tierra.

El plan busca el fortalecimiento de la vida académica del Instituto a partir del establecimiento del andamiaje legal del nuevo IGC, en particular el establecimiento del marco

regulatorio de las actividades académicas del mismo.

El plan de desarrollo también presenta una serie de programas que buscan apuntalar el reconocimiento y presencia del Instituto a nivel local, nacional e internacional, que permitan extender los múltiples lazos académicos y fortalecer la vinculación con distintas entidades académicas, gubernamentales y de iniciativa privada. Asimismo, se presentan diversas acciones que buscan ampliar y diversificar las actividades de divulgación de las geociencias, con el fin de que estas tengan un mayor impacto y generen mayor interés en estudiar y valorar las Ciencias de la Tierra.

En este documento se les confiere especial atención a las actividades de divulgación de las geociencias, en particular aquellas dirigidas a estudiantes de bachillerato con el objeto de fomentar el interés por el estudio de las Ciencias de la Tierra e incidir en la formación de nuevas generaciones de geocientíficos profesionales.

ANTECEDENTES

El Instituto de Geociencias fue creado el 21 de marzo del 2024 en la Sesión Extraordinaria del Consejo Universitario en la que se aprobó la transformación del Centro de Geociencias en Instituto de Geociencias. Tras cerca de 25 años como un polo de desarrollo de la Universidad en el Centro de México, el esfuerzo del personal académico se vio coronado en la formación del 6° Instituto dentro del subsistema de la investigación científica afuera del campus de Ciudad Universitaria, y el 2° en el Campus UNAM-Juriquilla.

El Instituto de Geociencias (IGC) es un ejemplo exitoso de los esfuerzos de descentralización de las actividades académicas que la UNAM inició hace tres décadas y que reflejan el compromiso de la Universidad con su carácter Nacional. En particular, el Centro surgió del interés conjunto de los Institutos de Geofísica y Geología para optimizar las actividades geocientíficas en el centro de México, por lo que se creó, inicialmente, la Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra a partir del cuerpo académico de la Estación Regional del Centro del Instituto de Geología, así como diversos académicos procedentes del Instituto de Geofísica. A partir de la consolidación de estos grupos, se creó el 1 de abril del 2002 el Centro de Geociencias, como el primer Centro

Universitario de investigación multidisciplinario de las Ciencias de la Tierra afuera del campus central de la UNAM.

Ante este reto, el personal académico del Centro se prestó a demostrar que es posible cumplir con las labores sustanciales de la Universidad y realizar investigación de alto nivel en geociencias en un escenario parcialmente descentralizado, en particular desde el punto de vista administrativo. Gracias a los esfuerzos del personal académico, y al apoyo de la administración central, el Centro de Geociencias se convirtió en un referente nacional e internacional en diversos campos de las ciencias de la Tierra, tales como geodinámica, evolución tectónica, geocronología y geoquímica isotópica, paleomagnetismo, vulcanismo, exploración geofísica, entre otros.

En virtud de su origen, el Instituto de Geociencias se encuentra organizado en tres áreas principales: Geología, Geoquímica y Geofísica; cuenta con 14 líneas de investigación en Geociencias, en las que goza de amplio reconocimiento a nivel nacional e internacional por las múltiples contribuciones que ha realizado el personal académico del Instituto, e incluso es referente internacional en diversos ámbitos de las Ciencias de la Tierra

MISIÓN

El Instituto de Geociencias es una institución que genera conocimiento geocientífico de frontera para enfrentar los principales retos de la sociedad en el siglo XXI, incide en la formación de profesionales de las Ciencias de la Tierra altamente especializados y colabora sustantivamente al desarrollo sostenible de la sociedad.

VISIÓN

Ser una institución líder en el campo de las geociencias, incluyente e igualitaria, con amplio reconocimiento a nivel nacional e internacional, que genera conocimiento fundamental para el establecimiento de los principales paradigmas geocientíficos del siglo XXI y contribuye a la solución de los principales problemas de la sociedad.

DIAGNÓSTICO EXTERNO

Entorno internacional y nacional

La relevancia de las geociencias para el desarrollo de la sociedad moderna es cada vez más evidente. El desarrollo industrial moderno del siglo XX, asociado a la explotación desmedida de los recursos naturales no renovables ha resultado en una alteración al ciclo biogeoquímico del carbono y de muchos otros elementos, cuyas consecuencias se encuentran el cambio climático antropogénico, la contaminación de océanos y acuíferos, la modificación del ciclo hidrológico, la exposición a diversos riesgos de origen natural, entre otras. Al mismo tiempo, el bienestar de la sociedad moderna es cada vez más dependiente de la disposición de bienes que requieren de la explotación de diversos recursos minerales para su producción, al tiempo que es más vulnerable a los efectos de diversos eventos atmosféricos y geológicos. Lo anterior confiere a la comprensión del geoentorno, y en general al estudio de las geociencias un rol preponderante para el desarrollo sustentable de la sociedad en el siglo XXI.

A pesar de que los geocientíficos han reconocido la relevancia de la comprensión del geo-entorno para el desarrollo de la sociedad desde la segunda mitad del siglo XX, es únicamente hasta hace unos años que se reconoce por otros sectores de la sociedad la importancia del conocimiento de las geociencias para el desarrollo sostenible. Asimismo, debido a que la gran mayoría de los procesos geológicos no están limitados por fronteras políticas nacionales e internacionales, la cooperación y vinculación de las instituciones de investigación en ciencias de la Tierra con diversos organismos de dentro y fuera del país cobra aún más relevancia.

Es en este contexto que el estudio de las Ciencias de la Tierra tiene que llevarse a cabo en un contexto regional-continental y global, donde la cooperación con grupos de investigación de instituciones académicas de otros países estén involucrados, en el que la experiencia y conocimiento de los académicos del IGC puedan aplicarse en localidades donde se carece de dichas capacidades, al tiempo que se colabora en la formación de cuadros geocientíficos locales y se socializa entre las distintas comunidades la importancia del trabajo realizado.

A pesar de que los distintos procesos geológicos deben ser estudiados a escala continental y global, la relevancia de los diversos centros de investigación comienza a partir del estudio de procesos locales y se extienden los resultados a las comunidades cercanas, en este sentido el IGC no es distinto. Esto permite que la comunidad no académica reconozca y

valore el rol de las geociencias para el desarrollo sustentable de su entorno, cuyo resultado debe ser conocido en las poblaciones donde se realiza la investigación. Este proceso a nivel local cobra más relevancia en la actualidad, en los que hay un renacimiento del pensamiento mágico, teorías de conspiración y negación de los hechos, que ha resultado, entre otras cosas, en la alteración de hechos del pensamiento científico. En este sentido, México desafortunadamente no está aislado de este fenómeno: la pandemia COVID-19 fue un recordatorio de que este tipo de pensamiento es prevaletante en diversos ámbitos de la sociedad e, incluso, en las altas esferas del gobierno.

Aunado a lo anterior, un escenario cada vez más frecuente es el desprecio de la evidencia científica en el establecimiento de diversas políticas de desarrollo con la finalidad de alcanzar diversos objetivos políticos y/o económicos. Ante este panorama, es cada vez más apremiante realizar diversas acciones que acerquen y socialicen de manera efectiva el conocimiento geocientífico que se genera, de manera que la sociedad pueda apropiarse y valorar la información, y contribuir en la construcción de una sociedad más crítica e informada.

Un factor adicional que está afectando el desarrollo de las geociencias a nivel nacional e internacional es la prevalencia de medios de difusión científico alternativos, tales como las revistas y conferencias depredadoras, que operan bajo el escudo de "open access", pero con esquemas éticos dudosos que permiten la difusión de datos y resultados de investigación no reproducibles y/o de cuestionable calidad, que no han sido revisadas de manera propia por pares, violando uno de las principales doctrinas bajo las cuales ha operado y avanzado el conocimiento científico en los últimos 100 años.

Finalmente, un factor que está afectando significativamente el desarrollo de las geociencias a nivel global y nacional, es la falta de oportunidades académicas para los estudiantes egresados de las licenciaturas y posgrados geocientíficos. Las escasas oportunidades profesionales en el ámbito académico son fuertemente competidas, y la falta de oportunidades en puestos académicos es cada vez más visible y es solo una de las múltiples razones por las que se observa, a nivel mundial y nacional, una disminución en el interés por estudiar una carrera en ciencias de la Tierra. En México, aún no está bien documentado el incremento en el nivel de estrés

que los estudiantes de posgrado sufren al acercarse al final de sus cursos y la obtención de su grado, ya que las pocas oportunidades laborales en el sector académico y la pobre preparación que tienen para explotar las múltiples habilidades adquiridas durante su periodo de estudio, generan un horizonte laboral poco claro, a pesar de que cuentan con las capacidades para desarrollarse de manera exitosa en diversos ámbitos profesionales a nivel nacional e internacional.

Los avances en las geociencias a nivel internacional han conducido a un conocimiento íntimo de muchos de los procesos que moldean y han moldeado al planeta por varios miles de millones de años. Lo anterior ha permitido la creación de modelos sumamente complejos que permiten describir a detalle desde la evolución del sistema solar, la evolución tectónica de los continentes, la dinámica atmosférica pasada y actual, hasta la dispersión de contaminantes en suelos y acuíferos. A pesar del alto grado de complejidad de estos modelos, se han realizado esfuerzos importantes en la generación de material con lenguaje accesible que permite la comprensión del trabajo geocientífico por una audiencia no técnica, acercando a la comunidad académica con la sociedad en general, permitiendo a esta última destacar las contribuciones de las geociencias para la sociedad, resaltando la importancia de conocer, valorar y proteger el entorno geológico. En este sentido, es importante notar que aún hay mucho trabajo por realizar en México.

A nivel nacional, la investigación en Ciencias de la Tierra cuenta con muy pocos investigadores relativo a otras ciencias exactas; de acuerdo al padrón de miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII), al segundo trimestre de 2024 únicamente 1191 investigadores (de un total de 44000) están dedicados a realizar investigación en Ciencias de la Tierra, de los cuales, el 40% está localizado en la Ciudad de México, seguido por Baja California (13%), Baja California Sur (5%), Sonora, Michoacán y Querétaro (4% cada uno). La figura 1 muestra la distribución geográfica de los beneficiarios del SNII en el territorio mexicano que reportan algún campo de las Ciencias de la Tierra como su principal línea de investigación, ilustrando la importante disparidad en la localización de grupos de investigación que existe, y que no está correlacionada con la distribución de riqueza a nivel estatal (definida como la contribución estatal Producto Interno Bruto nacional - PIBE), sino con la concentración de centros académicos de investigación en Ciencias de la Tierra, tales como aquellos adscritos a la UNAM, IPN, al sistema de Centros Públicos de Investigación del Conahcyt (CICESE, IPICYT), IMP, y a algunas universidades estatales, tales como la Universidad de Sonora, la Universidad Autónoma de Baja California Sur, o la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.



Una observación importante sobre la información en la figura 1 es la baja población de investigadores en Ciencias de la Tierra en estados con PIBE muy alto. La tabla 1 muestra que estados con economías avanzadas y contribuciones significativas a la economía nacional, cuentan con un número muy limitado de investigadores en Ciencias de la Tierra, así como con pocas instituciones académicas dedicadas al rubro, a pesar de la relevancia que estas poseen para el desarrollo sostenible de la sociedad. Lo anterior subraya la falta de reconocimiento de la relevancia de esta área para el desarrollo sostenible en dichas economías y revela una ventana de oportunidad para el crecimiento de la disciplina a nivel nacional.

Estado	Porcentaje de contribución al Producto Interno Bruto Nacional	% Investigadores en padrón SNII Ciencias de la Tierra
Estado de México	9	3.0
Nuevo León	8	2.3
Jalisco	7.5	2.7
Guanajuato	4.7	1.4
Querétaro	2.4	3.8

Tabla 1 Datos de contribución estatal al Producto Interno Bruto (PIBE) datos de INEGI 2024, y % de investigadores en Ciencias de la Tierra en el padrón del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores al segundo trimestre del 2024

Es de resaltar, así mismo, la notable ausencia de grupos

académicos de investigación significativos en distintas instancias descentralizadas y desconcentradas de Gobierno Federal, en cuya misión destaca el realizar labores de investigación en Ciencias de la Tierra y ambientales con la finalidad de apoyar y diseñar políticas públicas, tales como el Instituto Mexicano del Petróleo (CDMX), Comisión Nacional de Hidrocarburos (Hidalgo y Yucatán), Servicio Geológico Mexicano (Hidalgo), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (Morelos), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (CDMX), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Aguascalientes), Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (EDOMEX), entre otros. Esta situación resalta la necesidad de generar grupos de investigación formales en este tipo de instituciones vitales para la generación de conocimiento científico aplicado al diseño y establecimiento de políticas públicas específicas a la diversidad geológica y ambiental de México.

DIAGNÓSTICO INTERNO

Debido a los procesos académicos estructurales por los que ha pasado el Instituto recientemente, en particular el proceso de transformación y el cambio de administración, los informes de la dirección para el periodo 2018-2024 proveen una visión muy detallada y completa de la productividad académica del Instituto en términos de productos primarios (artículos, tesis, entre otros) así como formación de recursos humanos, proyectos de vinculación, colaboraciones y asociaciones estratégicas, etc., por lo que este diagnóstico

se enfocará en aspectos que no son tan evidentes en dichos informes, y solo retoma algunos puntos esenciales de los mismos.

PLANTA ACADÉMICA

El Instituto de Geociencias está compuesto actualmente por 39 investigadoras e investigadores, 20 técnicas y técnicos académicos de tiempo completo, 2 Investigadores x México y 14 investigadoras e investigadores posdoctorales. La planta de investigadoras e investigadores ha permanecido constante desde el 2015, cuando se le otorgó al entonces Centro de Geociencias la más reciente plaza de investigador. Desde el 2018 se han incorporado 5 investigadores e investigadoras como resultado de la jubilación de personal académico. En cambio, en el periodo se incrementaron en cuatro las plazas de técnico académico.

Existe una marcada disparidad de género en el número de investigadoras (9) en relación con el número de investigadores (30), mientras que hay 11 técnicas académicas y 9 técnicos académicos. El promedio de edad del personal académico es 56.05 años, el cual es idéntico al promedio correspondiente a las instituciones adscritas a la Coordinación de la Investigación Científica (56 años). Asimismo, este promedio varía significativamente entre hombres y mujeres (58 vs 52 años, respectivamente). Un análisis detallado de la distribución de edades del personal académico muestra una clara distribución bimodal, que revela la presencia de dos generaciones en el personal académico, y la cual se mantiene entre técnicos académicos e investigadores (Figura 2).

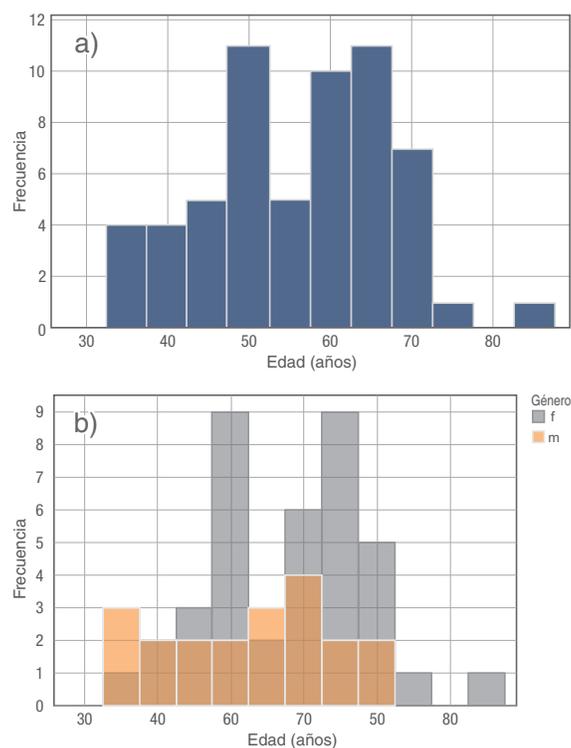


Figura 2. a) Distribución de edades del personal académico del Instituto y b) clasificadas por género.

La planta académica del Instituto se encuentra plenamente consolidada: el 75% del personal pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, de los cuales, el 35% se encuentra en los niveles más altos (III y emérito). Lo anterior también se refleja en la evaluación del personal como parte del Programa de Primas al Desempeño (PRIDE), donde el 75% del personal ha accedido a los niveles más altos en el programa (C y D, Figura 3). El análisis detallado en función de género, indica que la distribución en los niveles más altos del PRIDE no están sesgados por género, es decir, la proporción de mujeres en nivel C y D del programa corresponden aproximadamente al 30% del total en dichos niveles, semejante a la proporción de mujeres en la planta académica. Sin embargo, si se observan sesgos importantes al analizar la pertenencia del personal académico en el SNII en función de género. Mientras que en los niveles más altos (III y emérito) no se observa un sesgo por género en la pertenencia al SNII, ya que las mujeres representan el 36% del total de los académicos en los niveles más altos; sin embargo, es notable que actualmente no hay académicas que hayan accedido al nivel II, mientras que se observa una paridad al 50% en el nivel I. Cabe mencionar, sin embargo, que la planta académica del Instituto (y previamente la del Centro) se ha mantenido en términos generales constante en número de investigadores

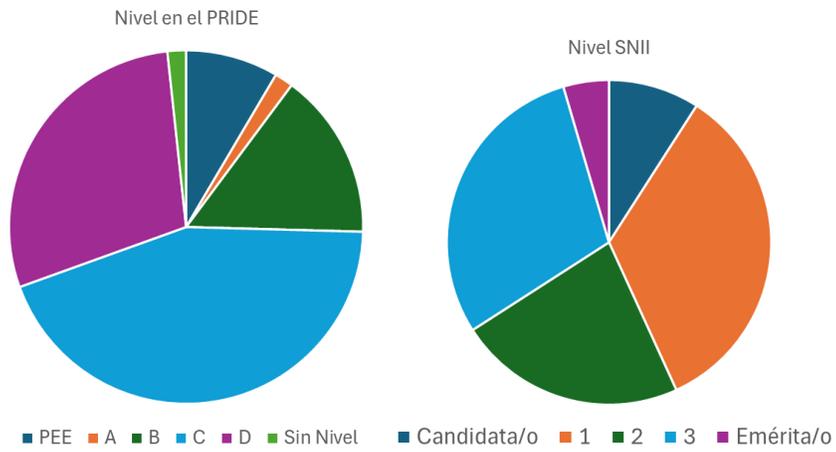


Figura 3. Arriba: Nivel PRIDE para el personal del Instituto de Geociencias (Fuente: DGAPA), Abajo: nivel del SNII del personal del Instituto de Geociencias a Agosto del 2024 (fuente: Padrón de beneficiarios del SNII – CONAHCyT).

PLANTA ACADÉMICA PLENAMENTE CONSOLIDADA

PRODUCCIÓN PRIMARIA

Uno de los principales productos primarios en el Instituto de Geociencias son los artículos publicados en revistas indexadas por el Journal Citation Reports. De acuerdo con la base de datos Scopus, hasta agosto del 2024 el personal académico del Instituto (y Centro de Geociencias) habían publicado 1088 artículos, de los cuales el 47% (510) corresponden al periodo 2018-2024. Durante el periodo 2018-2024 los académicos del Instituto publicaron entre 2 y 2.7 artículos indexados por investigador, preponderantemente en revistas con factor de impacto (promedio 3.7) y en los cuartiles Q1 y Q2, incluyendo en revistas como Science, Nature, Nature Communications, Nature Geoscience, Nature Reviews Earth & Environment, Earth Science Reviews, Geology, Proceedings of the National Academy of Sciences. Al considerar la totalidad otros productos primarios, tales como capítulos en libro, mapas, etc., el promedio se incrementa a 3 productos por investigador.

La mayoría de los artículos publicados (63%) por los académicos del IGC se encuentran clasificados en la rama de las ciencias de la Tierra, el 14% corresponde a ciencias ambientales, agronómicas y biológicas mientras que el 23% restante de los artículos se encuentran en diversas ramas que incluyen física y astronomía, energía, matemáticas, ciencias de la computación, entre otras, (Figura 4), reflejando la multidisciplinariedad de los diversos proyectos de investigación que se llevan y han llevado a cabo en el Centro e Instituto de Geociencias desde su creación. Cabe mencionar que, de los 1088 artículos publicados a la fecha, los mismos han recibido un total de 21,445 citas y un factor H de 63.

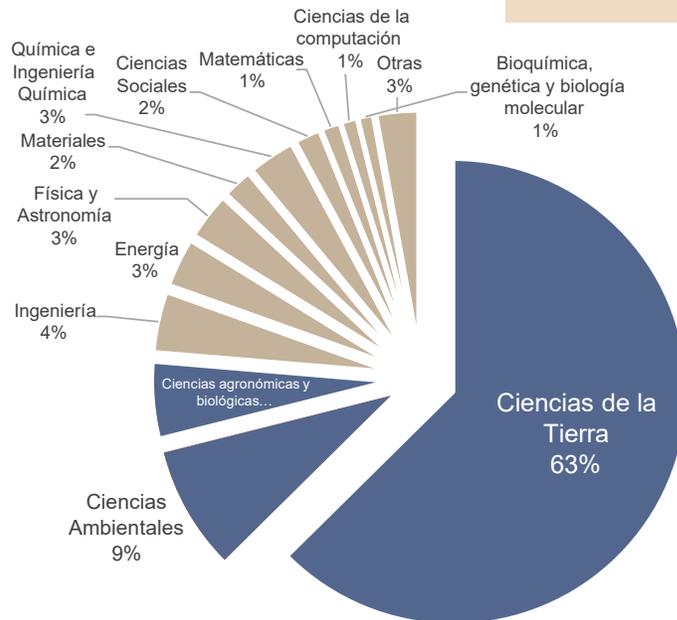


Figura 4 Clasificación de los 1088 artículos publicados a la fecha desde la creación del Centro e Instituto de Geociencias en función del tema principal. Clasificación llevada a cabo en función de las palabras clave de acuerdo a Scopus

A partir del establecimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030, éstos han guiado el discurso y políticas científica y tecnológicas, y ha permitido reenfocar esfuerzos para el cumplimiento de los mismos en tiempo y forma en el 2030. En este sentido, un estudio automatizado de la producción primaria en forma de artículos del Instituto de Geociencias llevada a cabo por Scopus revela que 780 artículos publicados por los académicos del IGC a la fecha contribuyen al cumplimiento de 14 de los 17 ODS (Figura 5), en particular para el cumplimiento de los objetivos enfocados a Energía asequible y no contaminante (ODS 7), Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) y Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17).

Los datos en la figura 5 indican que la investigación que se ha llevado a cabo en el Instituto de Geociencias a lo largo de su historia, corresponden a resultados de proyectos de investigación que, actualmente, se consideran alineados con la agenda de desarrollo sostenible de la sociedad, a pesar de que los ODS fueron adoptados en el 2015 y el registro de publicaciones como Centro de Geociencias comienza en el 2002, revelando el liderazgo del IGC en aportar conocimiento y herramientas que contribuyen al desarrollo sostenible de la sociedad, y muestra el compromiso inequívoco y el nivel de participación con el desarrollo sostenible de la sociedad, aun antes de que los ODS fueran publicados por las Naciones Unidas y adoptados como guías para el desarrollo sustentable.

Desde su creación como Centro de Geociencias, la investigación desarrollada en el Instituto se ha caracterizado por mantener altos estándares de calidad y dentro de las temáticas más relevantes en las Ciencias de la Tierra. En el 2020, la Academia de Ciencias de los Estados Unidos de América publicó las recomendaciones de financiamiento para la década 2020-2030 en el rubro de las Ciencias de la Tierra (National Academies of Sciences, et al. *A vision for NSF Earth sciences 2020-2030: Earth in time*. National Academies Press, 2020.) en donde, identifica las principales preguntas de investigación en geociencias que son necesarias atender durante la actual década. Al empatar las líneas de investigación del Instituto (PDI 2022-2026), y los intereses científicos declarados por el personal académico con las temáticas identificadas por la NAS (Figura 6), es posible constatar que la investigación que se lleva a cabo en la actualidad en el IGC está enfocada en la resolución de los problemas y preguntas más apremiantes de la actualidad en las Ciencias de la Tierra.

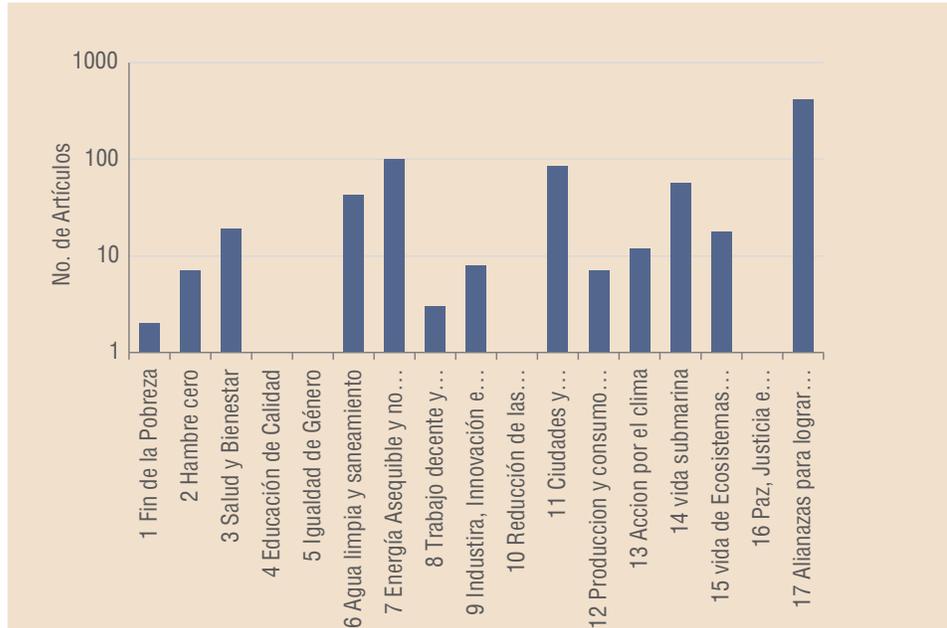


Figura 5 Artículos publicados por el personal académico del IGC desde el 2022 alineados con la agenda de objetivos de desarrollo sustentable 2030 (Fuente de datos: scopus.com)

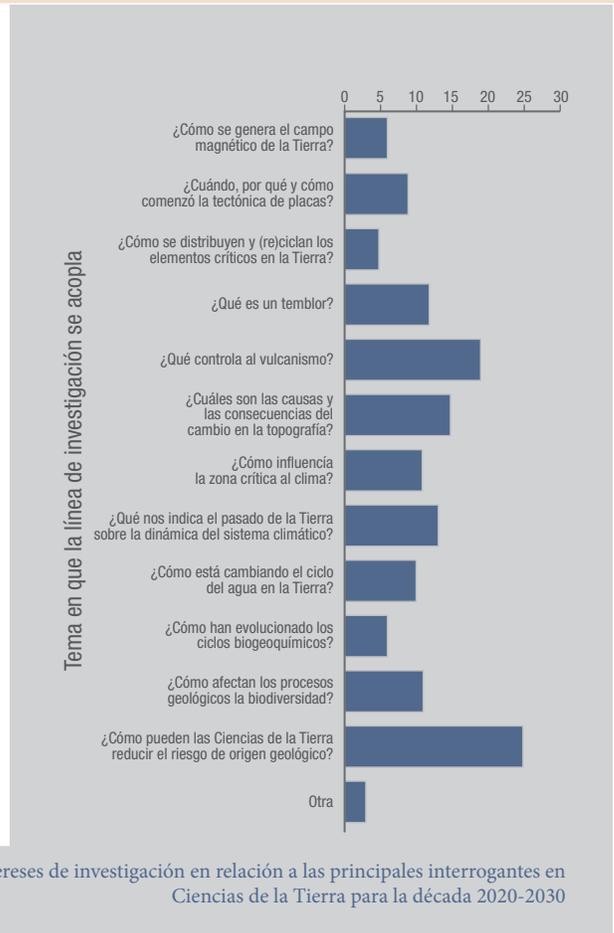


Figura 6. Distribución de intereses de investigación en relación a las principales interrogantes en Ciencias de la Tierra para la década 2020-2030

RECURSOS

Durante los 6 años precedentes a este plan, las actividades de investigación del Instituto han contado con dos fuentes principales de financiamiento: el Programa de Apoyo a la Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), y los programas de financiamiento en torno a las distintas convocatorias que ha lanzado el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (ahora Conahcyt); sin embargo, durante el periodo 2018-2024 se observó un incremento en la generación de convenios con instituciones de la iniciativa privada y los tres niveles de gobierno para la realización de diversos proyectos de investigación que redituaron en un gradual incremento en la generación de ingresos extraordinarios. De esta manera, durante los seis años previos fue posible captar un total de 14.5 millones de pesos y 181 mil USD en distintos convenios de colaboración nacionales e internacionales.

Al respecto de las fuentes de financiamiento tradicionales a proyectos de investigación (i.e. PAPIIT - Conahcyt), los académicos del Instituto han sido históricamente muy

exitosos para la obtención de financiamiento. Dentro del PAPIIT, se mantiene un promedio de 18 proyectos distintos por año, y se recibe un financiamiento anual entre 3.8 y 4.8 millones de pesos. Durante el mismo periodo, se contó con financiamiento de Conahcyt por un total de \$105,894,215.00, una cifra considerable e importante que permitió el establecimiento y renovación de infraestructura analítica de vanguardia. Sin embargo, de la totalidad de los fondos recibidos, únicamente el 10% (11.7 MDP) corresponden al financiamiento de proyectos de investigación “tradicionales”, incluyendo SEP-Conahcyt, Frontera-Conahcyt, Infraestructura-Conahcyt, mientras que el restante corresponde proyectos de los fondos SENER-Conahcyt y Fordecyt-Conahcyt. Lo anterior implica que, a pesar de la cantidad importante de financiamiento que se ha recibido en Conahcyt en el periodo, la gran mayoría está concentrado en unos pocos proyectos de gran envergadura, mientras que el acceso a financiamiento federal para impulsar investigación básica o la renovación de infraestructura ha disminuido significativamente, de manera similar a otras instituciones equivalente de la CIC.

HISTÓRICAMENTE
MUY EXITOSOS
PARA LA OBTENCIÓN
DE FINANCIAMIENTO.

INFRAESTRUCTURA, LABORATORIOS Y TALLERES

El Instituto de Geociencias cuenta con 3 edificios. El conjunto principal (edificios A-D) fue construido en 1996, y en el 2008 y 2009 se construyó el taller de molienda y la litoteca. En el 2014 y 2015 se añadió el edificio E en sus dos plantas, y en el 2016 se construyó en un terreno anexo el Laboratorio Interinstitucional de Geocronología de Aragón - LIGAR. La más reciente extensión se llevó a cabo en el 2018 con la construcción del Laboratorio de Física de Rocas -LAFIR. En total, el IGC cuenta con

GENERAR DATOS
ANALÍTICOS
EN APOYO A LOS DIVERSOS
GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

un área construida de 6,653 m² que equivalen a 108 m² por académico, la cual la posiciona como la segunda institución con menor área por académico del Campus Juriquilla. Los edificios del Instituto han tenido que pasar por diversas adecuaciones en los acabados, techumbres y caídas de agua, algunas por el deterioro natural de la construcción y otras por defectos en el diseño y ejecución arquitectónica original. Cabe mencionar también que el diseño original del edificio no consideró un área administrativa y de gobierno, no cuenta con un auditorio con la capacidad de alojar a la totalidad de la comunidad académica, ni bodegas para almacenar equipo y material de trabajo de campo. Asimismo,

es necesario contar con cubículos adicionales para poder dar cabida a las necesidades a mediano y largo plazo de crecimiento de personal académico.

El Instituto cuenta con 22 laboratorios y 3 talleres que prestan servicio a los diversos grupos de investigación, tanto dentro como fuera de la Institución. Algunos de estos laboratorios han demostrado ser claves para el desarrollo de las geociencias en México al contar con infraestructura analítica y metodologías únicas en México y América. El éxito de estos laboratorios se refleja en su aporte a la productividad primaria de los académicos del Instituto. La mayoría de los laboratorios cuentan con al menos un técnico académico responsable, de manera que se garantiza el buen funcionamiento de la infraestructura analítica presente.

La inversión que ha realizado la UNAM en el establecimiento de estos laboratorios es mayor a los 100 millones de pesos y, como tal, los académicos del Instituto han mantenido una política de puertas abiertas a la comunidad académica de la Universidad y otras instituciones académicas, y con particular enfoque en la formación de geocientíficos altamente especializados en estas metodologías.

La función principal de los laboratorios en el Instituto de Geociencias es la de generar datos analíticos en apoyo a los diversos grupos de investigación del Instituto, la UNAM y la comunidad académica nacional. Sin embargo, es necesario reconocer que los laboratorios presentan un potencial importante para realizar trabajos de vinculación con diversos sectores. En la actualidad está en marcha el proceso de obtención de la certificación ISO9000:2015 bajo el auspicio de la Coordinación de Gestión para la Calidad en la Investigación perteneciente a la CIC. Esta certificación ha permitido establecer protocolos de administración, manejo de muestras, datos y resultados que, una vez concluidos, permitirá potenciar los servicios de vinculación que se realiza a través de los distintos laboratorios del IGC. Cabe señalar, sin embargo, que gran parte de la infraestructura analítica con la que cuenta el Instituto tiene más de 10 años de haber sido instalada y se aproxima rápidamente al final de su vida útil, por lo que es apremiante establecer una planeación estratégica sobre la sustitución, renovación y modernización de la instrumentación, que permita mantener al Instituto en la frontera de la investigación geocientífica por los siguientes 15-20 años.

La infraestructura de telecomunicaciones del IGC está basada en un tendido de cerca de 700 m de fibra óptica en configuración anular instalada en el 2018, soportada por 20 switches gestionables con redundancia y 30 de distribución, más de 5000 m de cableado estructurado que dan servicio a 500 puertos ethernet y 12 antenas Wi-Fi de alta demanda para 500 usuarios simultáneos cada una. Esta estructura es suficiente para proveer servicio de voz y datos a todos el personal académico y administrativo del Instituto, así como a las decenas de estudiantes de los distintos posgrados y visitantes. Esta infraestructura fue renovada entre el 2018 y el 2020 a partir del uso de ingresos extraordinarios de la institución, así como con el apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica y la Coordinación General del Posgrado. El servicio de correo electrónico está bajo la arquitectura G-Suite, amparada bajo el convenio DGTIC-UNAM-Google, que provee también servicios de almacenamiento en la nube, calendario, páginas web, etc. A pesar de que se ha instalado una infraestructura de telecomunicaciones razonablemente robusta y moderna, el Instituto carece de suficientes servicios en la nube que permitan modernizar y simplificar diversos procesos académico-administrativos. Aunque se han aprovechado los servicios de G-suite, así como aquellos desarrollados por distintas instancias universitarias (FEU, Firma electrónica, Sistema de constancias, etc.), es necesario contar con la capacidad de generar servicios adicionales de nube local y que permitan simplificar y sistematizar la obtención de información académico-administrativa, así como atender las diversas necesidades de los académicos para salidas de campo, informes anuales y dar atención a las crecientes demandas de cómputo avanzado asociadas a los distintos proyectos de investigación del Instituto.

EN MARCHA EL
PROCESO DE
CERTIFICACIÓN
ISO9000:2015

DOCENCIA Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El Instituto de Geociencias participa de manera activa en la impartición de diversas asignaturas y en el diseño del plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra (LCT) que se imparte en la Escuela Nacional de Estudios Superiores campus Juriquilla (ENES-J). Aunque este programa se instaló en el 2013 en el campus, primero en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e investigación de la Facultad de Ciencias en el campus Juriquilla (UM-DI-FC J) y fue absorbido por la ENES-J en el 2019, ha carecido del impacto esperado para la atracción de estudiantes, ya que en los últimos 8 años ha mostrado una disminución gradual en el número de estudiantes hasta un nivel francamente insostenible para una licenciatura en la UNAM y francamente preocupante. De esta manera es necesario realizar acciones conjuntas con la ENES-J para aumentar el interés de los estudiantes de bachillerato hacia las Ciencias de la Tierra a partir de actividades que se reflejen en un aumento significativo en el incremento en el número de aspirantes a ingresar a la LCT.

Desde su creación, el Centro de Geociencias, y ahora el Instituto de Geociencias, ha sido una de las principales sedes del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM (PCT). Desde su creación, ha contado con un total de 273 estudiantes de maestría y 152 de doctorado, con una eficiencia terminal histórica del 64% y 55%, respectivamente, equivalente a 174 estudiantes de maestría graduados y 83 de estudiantes de doctorado graduados. La Figura 7 muestra el número de estudiantes que ingresaron al PCT durante los últimos 6 quinquenios en la sede CGEO/ICG que, con excepción del quinquenio más reciente, indica un claro incremento en el número de estudiantes que se incorporan a realizar estudios de posgrado en geociencias, lo cual indica el reconocimiento con el que cuenta el IGC, y en general el PCT, para la atracción de talento geocientífico.

Desde sus orígenes, primero como UNICIT, y posteriormente como Centro de Geociencias y ahora como Instituto de Geociencias, se han hecho esfuerzos muy importantes para vincularse con instituciones de educación superior con la finalidad de atraer talento estudiantil al posgrado en Ciencias de la Tierra sede Juriquilla. La Tabla 2 muestra que, en los últimos 30 años, más del 50% de estudiantes que ingresa a la maestría en Ciencias de la Tierra en el Instituto es procedente de una institución nacional diferente a la UNAM, el 23% de origen extranjero, y sólo el 22% procede de una Facultad o ENES de la UNAM. Lo anterior subraya la relevancia que ha logrado el Instituto para la atracción de estudiantes provenientes de otras instituciones educativas de educación superior mexicanas diferentes a la UNAM. En cambio, la mayoría de los estudiantes que ingresan al doctorado son procedentes de la UNAM, en gran medida reflejando el deseo de los estudiantes de maestría que obtienen su grado en el posgrado para continuar sus estudios de posgrado en la misma institución.

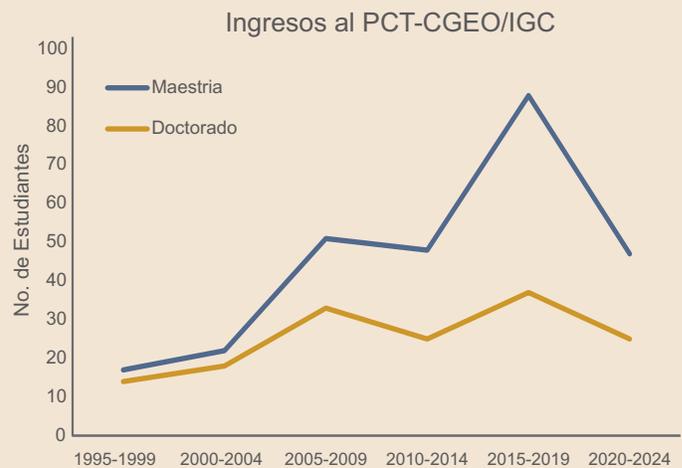


Figura 7. Número de ingresos al Posgrado en Ciencias de la Tierra sede CGEO/ICG dividido en quinquenios.

EL INSTITUTO DE GEOCIENCIAS,
HA SIDO UNA DE LAS PRINCIPALES
SEDES DEL
POSGRADO EN CIENCIAS DE
LA TIERRA DE LA UNAM

Tabla 2 Total de estudiantes inscritos en el Posgrado en Ciencias de la Tierra y su institución de procedencia para el periodo 1995-2024

	Número de Estudiantes (1995-2024)	UNAM	Otras Instituciones nacionales (no UNAM)	Instituciones fuera de México
Maestría	273	22 %	56 %	23 %
Doctorado	152	46 %	27 %	26 %

Los datos en la Tabla 2 muestran que hay un interés en distintas instituciones educativas de nivel superior para ingresar al PCT-IGC. Sin embargo, llama la atención la baja proporción de estudiantes procedentes de la UNAM que ingresan, por lo que es necesario establecer medidas para incrementar el interés de las diversas licenciaturas con las que cuenta la Universidad hacia e plan de posgrado que se imparte en el Instituto. Es necesario aumentar y reforzar los programas de vinculación con las distintas entidades universitarias que imparten licenciaturas en ciencias de la Tierra, tales como la Facultad de Ingeniería, La Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, las ENES Juriquilla, Mérida y Morelia.

La figura 8 muestra el origen de los estudiantes que han ingresado al PCT en los últimos 25 años (maestría o doctorado) procedentes de instituciones distintas a la UNAM, y refleja el impacto que la institución tiene a nivel local, regional y nacional. En general, en el Instituto se han formado investigadores procedentes de la gran mayoría de instituciones de educación superior con un plan de estudios en Ciencias de la Tierra o compatible. El efecto en el Centro de México es visible, y demuestra que la misión histórica del Centro de Geociencias “Ser un polo científico a nivel nacional

y punto de referencia internacional para la investigación y formación de recursos humanos en áreas estrategias de las geociencias” se ha cumplido plenamente.

A pesar de que el IGC atrae talento geocientífico a nivel nacional, es necesario forjar nuevos lazos con instituciones de educación superior nacionales, tales como la Universidad Autónoma de Coahuila, la Universidad Veracruzana y la Universidades Autónoma de Baja California y Baja California Sur, por nombrar algunas, así como reforzar los lazos con aquellas instituciones con las cuales se ha colaborado exitosamente en el pasado.

La Figura 9 muestra el número de ingresos a la maestría y doctorado clasificados por género del estudiante, así como la proporción de la población masculina y femenina. En el caso de la Maestría, se observa que entre 1995 y 2014 hubo un incremento sostenido en la proporción de estudiantes nuevos hasta alcanzar un 45% del total de estudiantes de nuevo ingreso; sin embargo, la proporción hombres/mujeres que ingresan a la maestría se ha mantenido constante (55% hombres/45% mujeres) en los últimos 10 años. En cambio, los ingresos al Doctorado en Ciencias de la Tierra muestran un comportamiento contrastante:

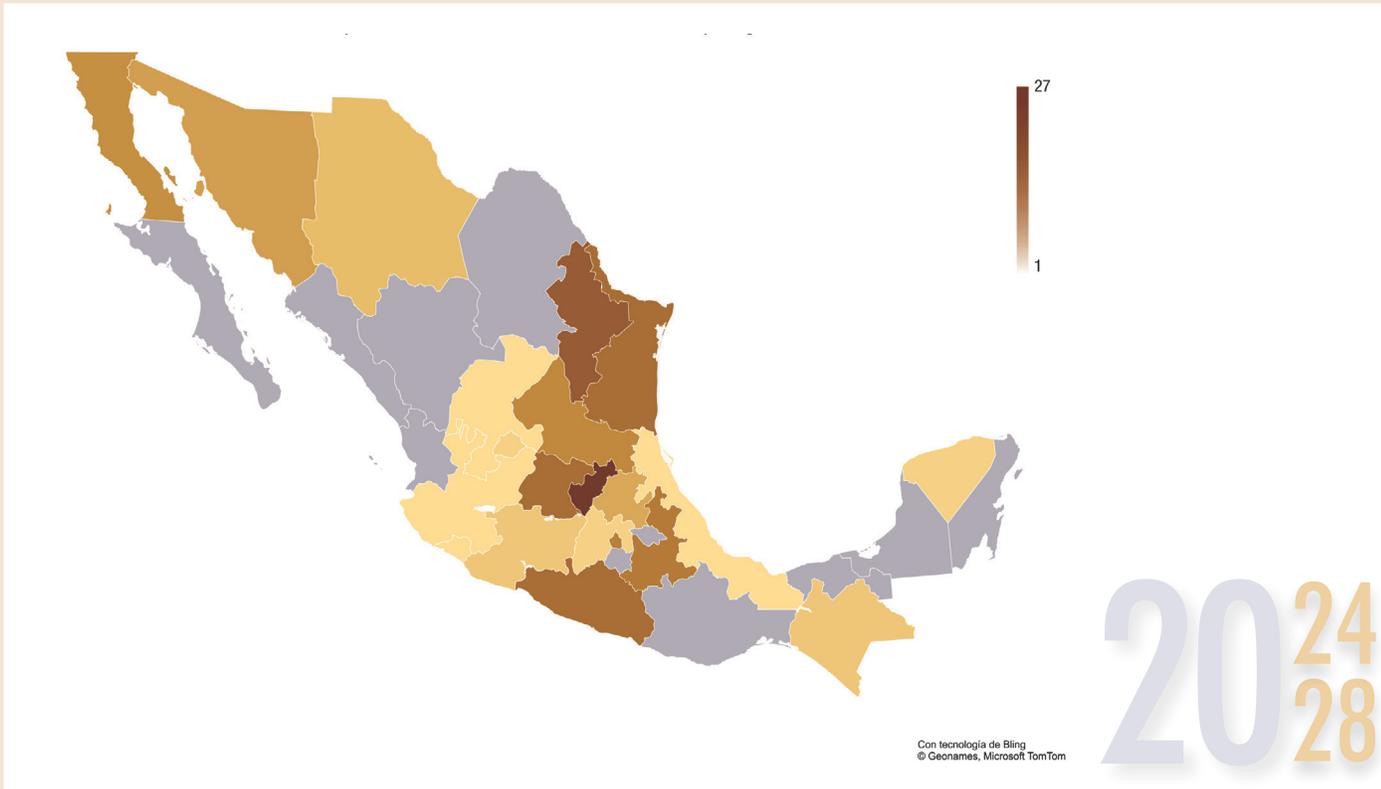


Figura 8 Estado de procedencia de los estudiantes mexicanos que ingresan al Posgrado en Ciencias de la Tierra, exceptuando a los provenientes de alguna institución de la UNAM

A pesar de que hay una aparente tendencia hacia alcanzar la paridad de género en los ingresos entre 1995 y 2014, a partir del quinquenio 2010-2014 ha habido un decremento significativo en la proporción de estudiantes de género femenino que ingresan al doctorado, manteniéndose en la actualidad en niveles esencialmente idénticos a los observados para los tres primeros quinquenios (70% hombres/30% mujeres).

La figura 10 presenta la eficiencia terminal segregada por género, tanto para la maestría como para el doctorado, la cual muestra que, a pesar de tener algunas ligeras diferencias, no es posible establecer que se gradúen, proporcionalmente, más hombres que mujeres en la maestría y el doctorado. Sin embargo, en combinación con la información de la Figura 9, los datos indican que la transición maestría-doctorado resulta clave en la generación de desigualdad de género, ya que a pesar de que la población de estudiantes de maestría no hay una gran disparidad entre hombres y mujeres, y que ambos géneros tienen eficiencia terminal razonablemente semejante, esta no se traduce en un ingreso par al doctorado donde, cabe mencionar, tampoco es posible identificar una disparidad significativa en la eficiencia terminal.

Aunque estos resultados son solo indicativos de la población estudiantil del PCT en la sede IGC, es de esperar que se vean tendencias similares en el resto del posgrado, por lo que es necesario realizar un diagnóstico detallado sobre las razones por las cuales las estudiantes que concluyen sus estudios de maestría deciden no inscribirse al doctorado en ciencias de la Tierra.

Un punto importante para destacar es la creciente proporción de estudiantes de posgrado de origen extranjero en el Instituto. La figura 11 muestra el origen de los estudiantes de nuevo ingreso a la Maestría en Ciencias de la Tierra y al Doctorado en Ciencias de la Tierra sub-sede Centro/Instituto de Geociencias para los últimos 6 quinquenios. La población del posgrado es eminentemente de origen mexicano; sin embargo, es notable el incremento en la incorporación de estudiantes de origen extranjero, en particular durante los últimos dos años, y que refleja el reconocimiento a nivel internacional con el que cuenta la institución, así como la vinculación con distintas instituciones académicas en América Latina y Europa.

La figura 11 muestra algunos datos y tendencias importantes: 1) durante la última década ha habido un incremento importante en la proporción de estudiantes procedentes de América Latina, en particular de Colombia, tanto en Maestría como Doctorado. 2) La disminución notable de estudiantes provenientes de Europa y 3) la ausencia generalizada de estudiantes procedentes de otras regiones del mundo, tales como Asia, África, Norteamérica (con la notable excepción de un estudiante procedente de Egipto en el quinquenio 2015-2019). Estas tendencias no pueden abstraerse del entorno geopolítico internacional que ha fomentado la migración global, ni del deterioro de las condiciones de seguridad a nivel regional en el mismo periodo, ni de los efectos de la pandemia COVID. Sin embargo, también revelan una gran oportunidad para la atracción de talento estudiantil

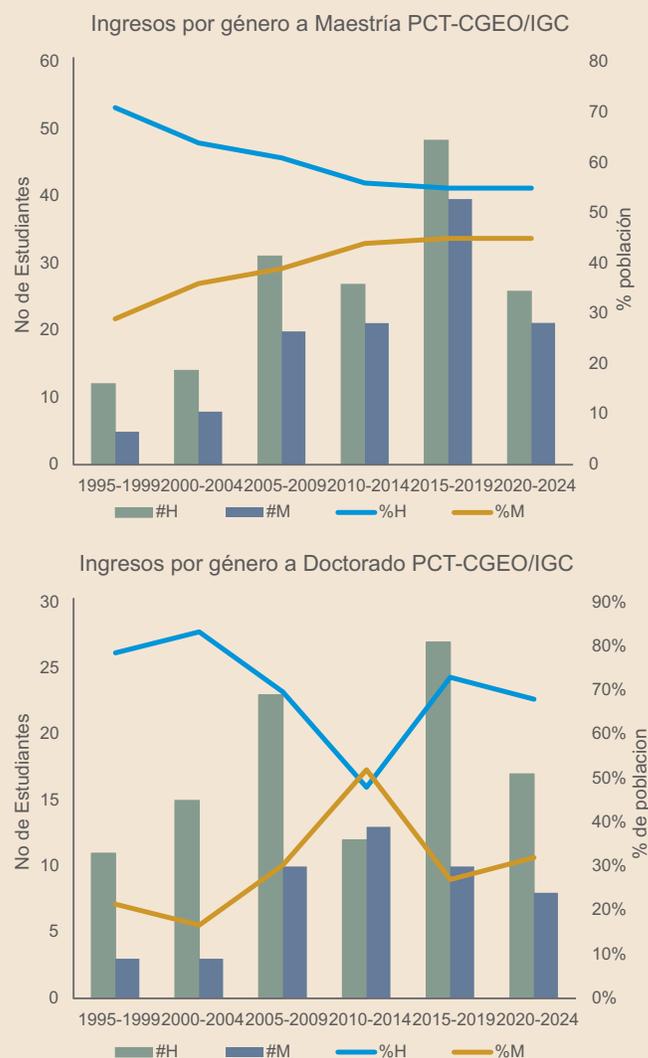


Figura 9. Número de estudiantes (barras, eje izquierdo) que ingresó a la maestría y doctorado en ciencias de la Tierra clasificados por género, y proporción del total de la población que ingresó (líneas) eje derecho.

al posgrado en ciencias de la Tierra ya que, a diferencia de muchas instituciones equivalentes en otros países, el ingreso de nuestros estudiantes ofrece ventajas competitivas en términos de acceso a becas, colegiaturas, costo y calidad de vida, cualidades que deben ser propiamente comunicadas a posibles candidatos a ingresar al posgrado de origen extranjero.

Aunque el Posgrado en Ciencias de la Tierra es una de las principales actividades de formación de geocientíficos en las que está involucrado el personal académico del Instituto, ciertamente no es la única. Desde el 2019 se imparte de manera anual el Diplomado en Enseñanza de Ciencias de la Tierra, el cual desde el 2020 tiene la modalidad virtual, lo que le ha permitido expandir su alcance a América Latina. Asimismo, desde el 2023 se imparte de manera anual el Diplomado en Técnicas de Mapeo Digital de Suelos de manera virtual sincrónica. Ambos diplomados son únicos en su tipo en Latinoamérica, y junto a la calidad del material que se imparte y los académicos que lo conducen, los ha convertido rápidamente en un referente en la región.

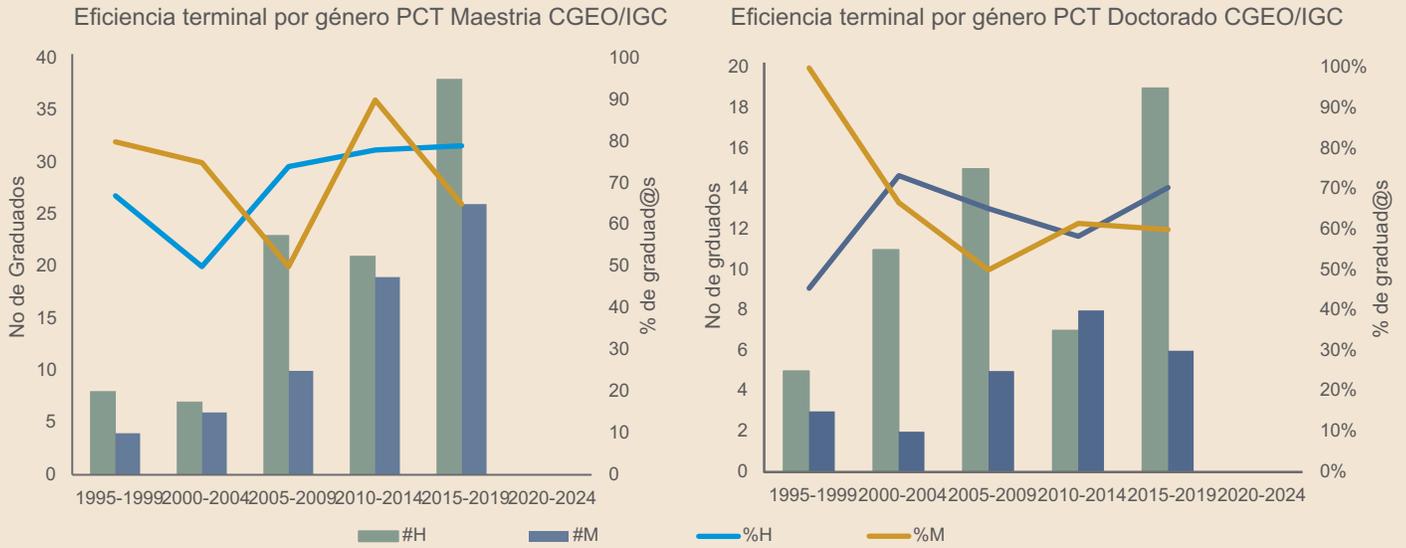


Figura 10 Eficiencia terminal por género para la maestría y doctorado en ciencias de la Tierra CGEO/IGC dividida por quinquenios

UNAM
 Nuestra gran
 Universidad

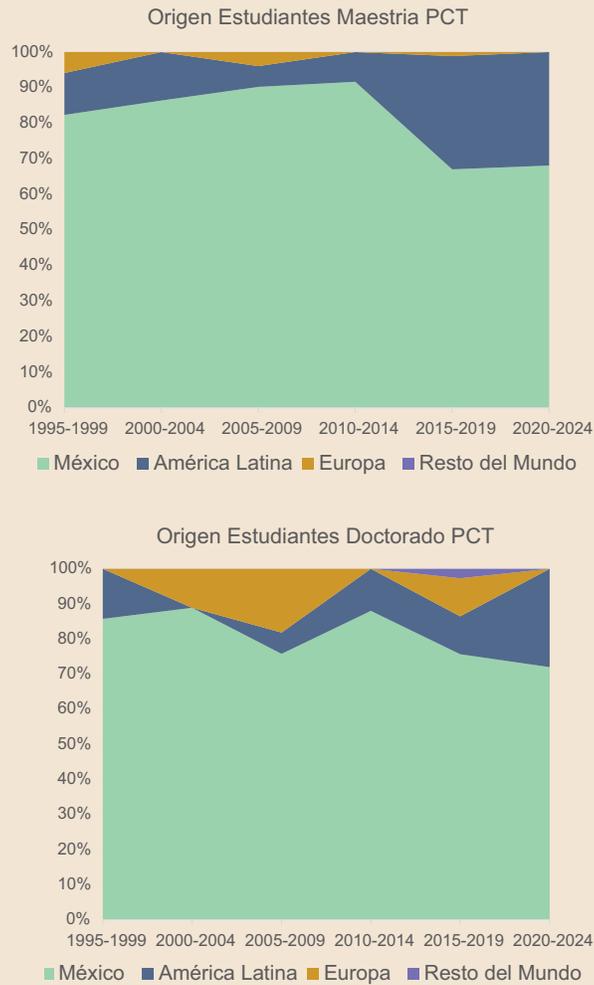


Figura 11 Origen de estudiantes inscritos al Posgrado en Ciencias de la Tierra, sede IGC

DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Las actividades de difusión y divulgación de las geociencias han sido, y continuarán siendo, uno de los deberes básicos de la academia. No se puede entender el trabajo académico sin una comunicación y socialización del conocimiento. La ciencia tiene sentido en tanto se transmite el conocimiento generado a las nuevas generaciones. Con esta visión, el Centro de Geociencias, y ahora el Instituto de Geociencias, ha adoptado las tareas de divulgación y difusión del conocimiento geocientífico como parte de sus labores esenciales, y no puede ni deber ser menos preponderante en el futuro inmediato.

La semana de la Tierra ha sido una de las actividades de mayor relevancia de divulgación de las geociencias organizada por el Instituto. Consiste en una serie de actividades en nuestras instalaciones, a las que se invita a distintas escuelas de nivel básico, medio y medio superior del Estado de Querétaro a visitar los diversos stands con distintas actividades didácticas e interactivas alrededor de las geociencias que son supervisadas por los académicos del Instituto. Tradicionalmente el personal académico se involucra en las diversas facetas de la organización y participación de la Semana de la Tierra, y logra atraer en cada edición a más de 2000 estudiantes de diversos niveles educativos.

El Instituto también participa en otras actividades y festivales de divulgación de las ciencias, tales como Expocytq, la Feria de las Ciencias y Humanidades, El encuentro con la Tierra, entre otras, y cuyos objetivos y dinámica es similar a la Semana de la Tierra. Igualmente se realizan diversas actividades en asociación con Radio Universidad Autónoma de Querétaro, como es el programa “signos de rotación”, donde se exponen los viernes diversos temas de interés social y su relación con las geociencias.

Asimismo, el Centro e Instituto ha organizado una serie de pláticas de divulgación geocientífica de manera mensual, y en la que los investigadores presentan de manera sencilla y accesible algunos de los principales temas de interés de las Ciencias de la Tierra. Estas pláticas se llevaban a cabo en el Teatro de Campus con la finalidad de contar con un espacio público de gran capacidad; sin embargo, a partir de la pandemia estas se han realizado de manera híbrida, son transmitidas por Facebook y Youtube, con la finalidad de que queden en dichas plataformas para ser vistas posteriormente por el público en general. Asimismo, en los últimos años, el Instituto ha redoblado sus esfuerzos para tener presencia en las redes sociales (Facebook, Instagram, X – antes Twitter, y LinkedIn).

Otra actividad de divulgación tradicionalmente organizada por el personal académico del Instituto es el Taller de Ciencia para Jóvenes (TCJ), en la que se convoca a 50 estudiantes de bachillerato originario de diversas partes de la República a una semana de actividades interactivas y lúdicas para acercarlos a las ciencias, fomentar el interés por la investigación, el conocimiento científico y la creatividad. A partir del 2020, y debido al éxito que tiene, el taller se lleva a cabo de manera paralela con el Taller Virtual Internacional de Ciencia para Jóvenes, el cual tiene objetivos similares al TCJ, pero enfocado a estudiantes de habla hispana en otros países, o que no pudieron asistir de manera presencial a éste. Ambos talleres se llevan a cabo sin fines de lucro, y representan el esfuerzo más importante y productivo en acercar a los

jóvenes al estudio de las ciencias. De manera adicional, se lleva a cabo el Taller de Ciencia para Profesores, el cual está diseñado para capacitar a los docentes de bachillerato en las mejores prácticas para la enseñanza de las Ciencias. Estos esfuerzos, además, cuentan con diversas metodologías de seguimiento y reforzamiento a los participantes, por lo que es posible determinar de manera cuantitativa el impacto que han presentado a las diversas generaciones de estudiantes de bachillerato que han participado, y en conjunto, representan una de las actividades más exitosas de divulgación de las Ciencias organizadas por el Instituto.

A pesar del intenso trabajo de divulgación de las geociencias que realiza la institución, el impacto que se ha tenido en términos de atracción de talento local a la Licenciatura en Ciencias de la Tierra ha sido limitado, y obliga a repensar las estrategias que se han seguido hasta el momento para tal fin. Algunos programas han sido muy exitosos, en particular aquellos que hacen un seguimiento a largo plazo de la población objetivo (por ejemplo, el TCJ), sin embargo, no hay una métrica objetiva que permita evaluar el efecto que la organización y/o participación en festivales de divulgación de las geociencias puede tener en la comprensión y apropiación del conocimiento por el público participante. A pesar de los esfuerzos por diseminar las actividades de divulgación y difusión de las geociencias a través de redes sociales, tampoco se cuenta con datos cuantitativos que permitan evaluar el impacto, ni la apropiación del conocimiento por el público objetivo. De esta manera, es necesario rediseñar muchas de las actividades de divulgación de las geociencias, de manera que se tenga mayor incidencia en las poblaciones a las que dichas actividades están dirigidas, pero acompañadas con métricas que permitan evaluar la eficiencia, tanto para la apropiación del conocimiento por el público objetivo, como para la atracción de talento local hacia las licenciaturas de la UNAM y, en particular, a la Licenciatura en Ciencias de la Tierra.

En cuestión de difusión, el Instituto ha sido sede y organizadora de distintos eventos académicos a nivel nacional e internacional, subrayando la relevancia que distintos académicos de la institución tienen en los diversos ámbitos de las geociencias en las que participan. Asimismo, a partir del 2019 el Centro de Geociencias ha fungido como sede del Foro Nacional de Geociencias, un espacio de discusión de los temas más relevantes geocientíficos y su impacto a la sociedad, tales como la transición energética, la subsidencia del terreno, y el estudio y prevención de los desastres de origen natural, en la que participan líderes académicos a nivel internacional, así como tomadores de decisiones de distintas instancias de los tres niveles de gobierno. Este tipo de foros son de vital importancia para acercar el discurso de la academia con el de tomadores de decisiones, permiten resaltar la relevancia que tienen las geociencias para el desarrollo sostenible de la sociedad y, por ende, su continuidad es fundamental para subrayar el papel de las geociencias y del Instituto en la sociedad.

NO SE PUEDE ENTENDER
EL TRABAJO ACADÉMICO
SIN UNA COMUNICACIÓN Y
SOCIALIZACIÓN DEL
CONOCIMIENTO

ACTIVIDAD EDITORIAL

El IGC edita tres revistas con arbitraje: La Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG), Terra Digitalis (TD) y Enseñanza y Comunicación de las Geociencias (ECG), de las cuales únicamente la RMCG está indizada en el Science Citation Index, con un F.I. de 0.6, Q4. Las otras dos revistas, TD y ECG, aún no están indizadas, pero ECG apenas está en el segundo año de publicación, mientras que TD se publica desde el 2017. A pesar de la intensa actividad editorial que se lleva a cabo de manera institucional, no se cuenta con una unidad editorial que cuente con personal que atienda las necesidades técnico-operativas de las publicaciones, tales como diseñadores y administradores web, revisores técnicos y compiladores de artículos. Es necesario que el IGC provea los medios necesarios para que las revistas puedan alcanzar mayores niveles de relevancia, pero también es necesario evaluar de manera crítica y pragmática la inversión que realiza la universidad para la operación y mantenimiento de estas revistas.

A través de la publicación de una serie de cuadernos titulados “Experimentos Simples para Entender una Tierra Complicada”, el Instituto ha tenido uno de sus más grandes éxitos en divulgación de la Ciencia. Estos libros describen en términos sencillos principios básicos de las geociencias, al tiempo que permiten realizar experimentos sencillos y de muy bajo costo para poder explicar estos principios. El éxito de estos textos ha sido tal que han sido traducidos a 6 idiomas (inglés, alemán, francés, italiano, chino, y otomí) y, en colaboración con personal académico de distintos Colegios de Ciencias y Humanidades y de las preparatorias de la Universidad, son utilizados en distintos talleres de lenguas del Bachillerato de la UNAM.

ADMINISTRACIÓN

A pesar de que el Instituto es relativamente pequeño en términos de personal académico, cuenta con una estructura académico-administrativa robusta (Figura 12), que busca atender las necesidades académico-administrativas de la comunidad y que se ha ido reestructurando a lo largo de los últimos años con la finalidad de eficientizar, simplificar y transparentar los procesos administrativos apegados a los diferentes lineamientos de la Universidad, así como atender a la creciente demanda de requerimientos por parte de la administración federal. Asimismo, esta estructura organizacional busca atender a una comunidad con diferentes fortalezas y necesidades, por lo que requiere ser flexible y versátil.

La estructura organizacional que se presenta en la figura 12 describe a un cuerpo académico-administrativo robusto y complejo; sin embargo, no refleja fielmente la complejidad y magnitud del trabajo administrativo que se llevan a cabo de manera cotidiana con un equipo de más de 30 trabajadores de base y confianza, y que da soporte a la labor científica y académica-técnica y administrativa del Instituto.

La reciente reestructura de la Secretaría Administrativa para la incorporación de dos Jefaturas de Departamento (Bienes y Suministros, y Presupuesto) busca añadir dinamismo y transparencia a las estas actividades administrativas claves para el buen funcionamiento de la institución, descentraliza la toma de decisiones y operaciones en dichos ámbitos y, por lo tanto, reduce el riesgo de errores administrativos, garantiza la supervisión de las operaciones y mejora la rendición de cuentas. La reestructuración de la Secretaría Administrativa, sin embargo, debe ser un

ESTRUCTURA ACADÉMICO-ADMINISTRATIVA ROBUSTA

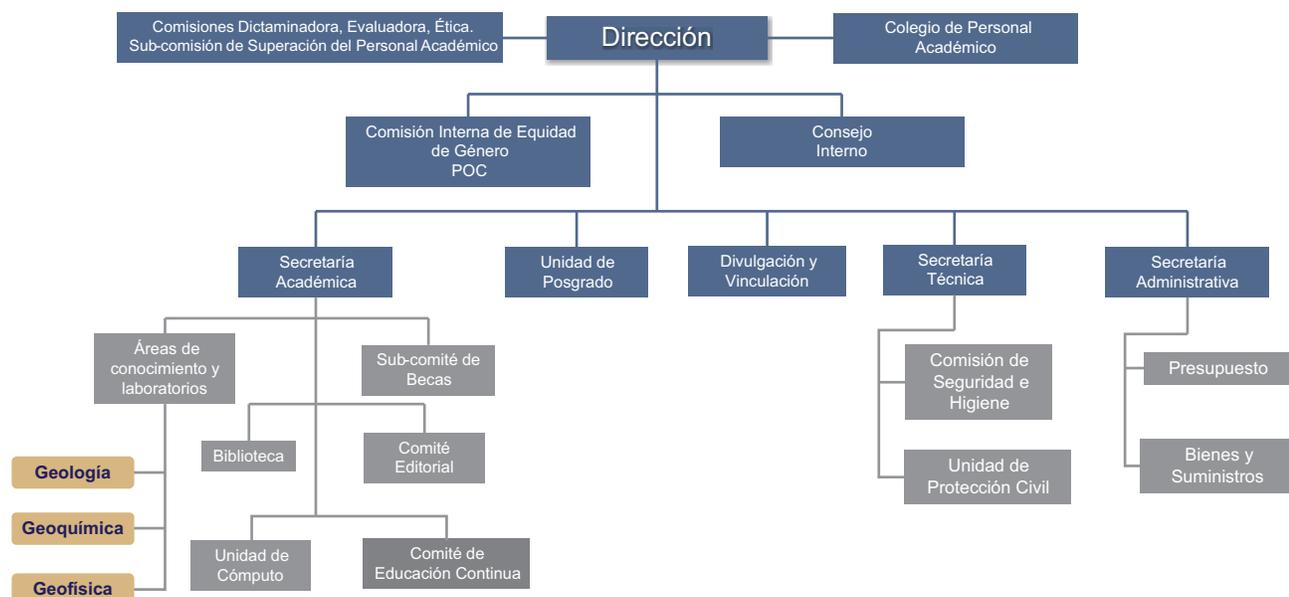


Figura 12 Estructura académico-administrativa actual del Instituto de Geociencias.

proceso continuo, buscando siempre maneras eficientes y transparentes de aprovechar el presupuesto universitario, bajo el precepto de que la administración debe apoyar al personal académico a cumplir las labores académicas esenciales de la institución en estricto apego a la legislación universitaria y federal.

La Secretaría Académica tiene la función primordial de apoyar al personal académico de la Institución a cumplir con la normativa universitaria, y debe garantizar que todos los movimientos académico-administrativo se lleven a cabo en estricto apego a los lineamientos universitarios y bajo criterios académicos robustos preestablecidos, de manera transparente y abierta. En particular, la Secretaría Académica gestiona el funcionamiento de los diversos cuerpos colegiados que llevan a cabo la constante evaluación del personal académico de la Institución. En el periodo 2018-2024 la Secretaría Académica fue adquiriendo funciones y responsabilidades con la finalidad de responder adecuadamente a la creciente demanda de información académica y documentación por parte de las diferentes instancias de administración universitaria y de gobierno, lo que condujo al establecimiento de nuevos cuerpos colegiados (Educación continua, editorial, ética, igualdad de género), que permiten dar un soporte a diversos procesos académicos de difusión y divulgación, así como promover diversas actividades que resulten en una mejora de la calidad de vida académica en el Instituto. Asimismo, se fortaleció la independencia de los cuerpos colegiados y se actualizaron y simplificaron diversos procedimientos académico-administrativos.

En virtud de la creciente demanda de información y datos académicos por parte de distintas instancias universitarias y federales, la Secretaría Académica requiere recopilar, clasificar y presentar una cantidad cada vez mayor de información generada por los académicos, los laboratorios del Instituto, y los distintos proyectos de investigación y vinculación, de manera que pueda ser presentada en tiempo y forma a las instancias universitarias que lo requieran. De esta manera es necesario contar con apoyo institucional para la recopilación y administración de la información académico-administrativa del Instituto y que, además de apoyar a la secretaría académica, pueda aportar la información académica fidedigna a los académicos que así lo requieran.

La vinculación del Instituto con otras entidades académicas, de gobierno, así como de la iniciativa privada es un elemento cada vez más importante para la obtención de recursos para la investigación, pero al mismo tiempo

permite al Instituto a colaborar con dichas instancias para alcanzar objetivos comunes, al tiempo que permite ampliar la presencia y reconocimiento del Instituto en el ámbito local, regional, nacional e internacional. A pesar de su importancia la vinculación sigue siendo un proceso complejo y poco atendido por gran parte de la comunidad académica. En muchos sentidos, la vinculación es la ventana de salida del Instituto hacia la sociedad. De manera similar, la divulgación es una de las labores fundamentales de la actividad científica, irrenunciable por naturaleza; la socialización del conocimiento es una de las herramientas fundamentales para la consolidación de una sociedad del conocimiento. Asimismo, la divulgación de las Ciencias de la Tierra es uno de los principales medios para la atracción de talento estudiantil a la licenciatura y posgrado en Ciencias de la Tierra.

En virtud de la importancia que la divulgación y la vinculación tienen para la vida académica del Instituto, en el 2023 se creó la Unidad de Divulgación y Vinculación del Centro de Geociencias. Ésta se convirtió rápidamente en un pilar esencial para la gestión de convenios, servicios externos contratados, vinculación con medios de comunicación y gestión de actividades de divulgación de la ciencia. Sin embargo, dada la importancia de dichas actividades, así como las diferencias fundamentales entre ambas y la gran cantidad de responsabilidades en ambos ámbitos, se ha vuelto insostenible que las actividades de esta unidad sean llevadas a cabo por una sola persona. Las actividades de vinculación requieren de una serie de habilidades administrativas e interpersonales, así como de un conocimiento profundo de procesos administrativos y legales que, en conjunto, demandan atención de tiempo completo. Por otra parte, la divulgación de las Ciencias de la Tierra requiere de un conocimiento de la dinámica de los medios de comunicación tradicionales y modernos, así como de un entendimiento profundo de las Ciencias de la Tierra y de las metodologías de comunicación más efectivas en la gran variedad de medios de comunicación disponibles en la actualidad, por lo que igualmente requiere de personal de tiempo completo dedicado a la producción de distintas actividades de comunicación pública de las geociencias.

PRESENCIA Y RECONOCIMIENTO DEL INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

VIDA ACADÉMICA

MODULADA POR LOS PRINCIPIOS DE ÉTICA Y HONESTIDAD QUE IMPERAN EN NUESTRA UNIVERSIDAD

La vida académica del Instituto está modulada, principalmente, por los principios de ética y honestidad que imperan en nuestra Universidad, sin embargo, es necesario contar con una serie de lineamientos que permitan delimitar derechos y responsabilidades del personal y de las autoridades de la Institución, de manera que se garantice la convivencia sana de la comunidad académica, que regulen y organicen la vida académica de la Institución. En este sentido, el Centro de Geociencias publicó la versión más reciente de su reglamento interno en agosto del 2007, en donde se tipifican las funciones básicas de la Dirección y de las Secretarías Académica, Técnica y Administrativa, la composición del Consejo Interno y otros cuerpos colegiados. Asimismo, se cuenta con reglamentos autorizados por el Consejo Interno para el uso de vehículos (septiembre del 2008), ingresos extraordinarios (octubre del 2012), del Comité de Educación Continua (septiembre del 2020) y de Becas (mayo

del 2021). Gran parte de este marco normativo fue delineado para una comunidad académica 40% menor que la actual, con una estructura académico-administrativa distinta a la presente, bajo una serie de lineamientos administrativos universitarios y federales diferentes a los actuales, y sin incorporar los principios básicos de transparencia y protección de datos personales. Asimismo, muchas funciones que hoy coordina la Secretaría Académica no se encuentran delimitadas en los actuales reglamentos.

Tras dos años de análisis detallado de la productividad del Centro de Geociencias, en septiembre del 2020 el Consejo Técnico de la Investigación Científica autorizó la actualización de los Criterios para la Evaluación del Personal Académico (CEPA-GEO), el cual establece los lineamientos cualitativos y cuantitativos esenciales para la incorporación, promoción y obtención de la definitividad de los académicos adscritos a la institución. Asimismo, de manera muy relevante, establece por primera vez los criterios de evaluación específicos del personal técnico académico, en donde se reconocen la gran diversidad de labores esenciales de apoyo que realizan en la Institución. En este sentido, el Instituto de Geociencias es una de las pocas entidades académicas perteneciente a la Coordinación de la Investigación Científica que evalúa el desempeño del personal técnico con criterios específicos, y no en función de los términos generales establecidos en los “Criterios Generales para la Evaluación del Personal Académico del Subsistema de la Investigación Científica”, normalmente conocido como el “libro amarillo”. En este sentido, el CEPA-GEO no representa solamente una serie de lineamientos para alcanzar las promociones o definitividades del personal, sino que son una guía para el desarrollo y evolución en la carrera académica del personal que la Institución espera de ellos y ellas, y así poder alcanzar los niveles más altos de excelencia académica y compromiso institucional que la Universidad Nacional Autónoma de México desea de ellos.

La transformación del Centro de Geociencias en Instituto de Geociencias es el momento adecuado para modernizar el andamiaje que modula la vida académica de la Institución. En particular la generación de un reglamento novedoso, acorde con el estado actual de la planta académica y las tendencias generales de una investigación abierta y transparente, que busque la socialización del conocimiento como una actividad primordial del personal académico, que permita dar soporte a la actual estructura académico-administrativa, en particular a la representatividad de los académicos ante los distintos cuerpos colegiados, así como la organización en distintos grupos de investigación, que refleje las tendencias modernas de investigación en Ciencias de la Tierra, sin que limite la reorganización del personal en un futuro, en función del crecimiento y desarrollo de las distintas líneas de investigación.

CONSIDERACIONES FINALES

El instituto de Geociencias tiene con una estructura académica y administrativa robusta, funcional. Tras casi 25 años de trabajo académico cuenta con una planta académica bien consolidada, con amplio reconocimiento nacional e internacional. Asimismo, cuenta con una infraestructura científica avanzada y personal técnico altamente especializado. Tras cerca de 25 años de trabajo continuo, el IGC enfrenta diversos retos: actualizar el nuevo marco normativo institucional que regule la vida académica del IGC, la imperante necesidad de incrementar el número de plazas académicas, en particular las plazas de investigador, con la finalidad de poder incorporar investigadores e investigadoras jóvenes que aporten aproximaciones novedosas para el estudio de problemas geocientíficos modernos. De igual manera, es necesario que el personal académico cuente con apoyo técnico, instrumental, emocional, y administrativo para poder llevar a cabo sus labores esenciales de manera eficiente, segura y adecuada.

La infraestructura física del Instituto, aunque funcional, está muy cercana al límite. Bajo las condiciones actuales, el IGC tiene poco espacio para crecer, por lo que es necesario optimizar el espacio disponible y llevar a cabo las gestiones necesarias para incrementar y actualizar la infraestructura del Instituto, lo cual debe de incluir un plan realista para la actualización de la infraestructura analítica en el mediano plazo.

Durante los próximos años es de fundamental importancia poner especial atención a las actividades de divulgación y difusión, y asegurarse que éstas tengan el impacto necesario para incrementar la percepción de la relevancia de las geociencias para el desarrollo sustentable de la sociedad. Esto incluye realizar diversas actividades para aumentar la

- PLANTA ACADÉMICA BIEN CONSOLIDADA,
- AMPLIO RECONOCIMIENTO NACIONAL E INTERNACIONAL,
- INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA AVANZADA,
- PERSONAL TÉCNICO ALTAMENTE ESPECIALIZADO.

matrícula nacional e internacional en la licenciatura y el Posgrado en Ciencias de la Tierra.

Así como la transformación del Centro de Geociencias a Instituto de Geociencias estuvo basado en el trabajo coordinado de todos los académicos, el futuro exitoso del IGC dependerá del esfuerzo y trabajo conjunto de toda la comunidad del IGC. De esta manera, el Plan de Desarrollo Institucional que se presenta en este documento tiene que ser llevado a cabo con la participación de las autoridades institucionales junto con el personal académico, administrativo y estudiantil del Instituto. El IGC se encuentra en un momento coyuntural único, en el que debemos definir la ruta para las siguientes décadas, por lo que el rumbo no debe ser definido por “unos cuantos investigadores plenamente consolidados”, sino que también por los académicos de reciente ingreso y por aquellos en franco proceso de consolidación, en donde se consideren seriamente las distintas visiones y proyectos del personal académico, en donde no se vea al IGC como un monolito homogéneo sino como una mezcla compleja de visiones, aproximaciones, intereses y carreras profesionales, todas ellas con el común denominador de buscar el mejor camino para el desarrollo del Instituto.

ESTRUCTURA DEL PLAN DE DESARROLLO INSTITUCIONAL, EJES RECTORES, PROGRAMAS Y PROYECTOS

El PDI que se presenta aquí está estructurado en 10 ejes de acción, los cuales están basados en el diagnóstico de la sección anterior, y alineados con los ejes rectores y transversales del plan de desarrollo institucional 2023-2027 de la Universidad. Los programas y acciones que se presentan buscan articular la consolidación del nuevo Instituto de Geociencias como una institución líder en su ramo, que se distinga por generar conocimiento geocientífico para enfrentar los principales retos de la sociedad en el siglo XXI, que incide en la formación de profesionales de las Ciencias de la Tierra altamente especializados y colabora sustantivamente al desarrollo sostenible de la sociedad; asimismo, busca consolidar al IGC como una institución líder en el campo de las geociencias, incluyente e igualitaria, con amplio reconocimiento a nivel nacional e internacional, que genera conocimiento fundamental para el establecimiento de los principales paradigmas geocientíficos del siglo XXI y contribuye a la solución de los principales problemas de la sociedad. De esta manera, los ejes y programas de acción que conforman este PDI, y que se presentan a continuación buscan potenciar la generación de conocimiento, la divulgación, vinculación y formación de recursos humanos, así como que las labores esenciales de los académicos estén respaldadas por una administración eficiente y transparente, y se lleven a cabo en un ambiente sano e igualitario.

LOS EJES DE ACCIÓN SON:

1. Andamiaje Institucional
2. Nosotros
3. Geociencias para todos
4. IGC Internacional
5. Difusión
6. Nuestro IGC
7. IGC -EDU
8. IGC enlazado
9. Administración transparente y eficiente
10. IGC- Igual

Se presenta la descripción de cada eje, incluyendo los programas y planes de acción con los que se planea atender cada uno de ellos. Se subraya que el orden en el que presenta no implica prioridad alguna.

Finalmente, el Anexo 1 presenta una re-estructuración de la investigación que se lleva a cabo en el Instituto. Se presentan las principales preguntas de investigación en la que las y los académicos del Instituto nos encontramos enfocados, así como una descripción general

Ejes PDI-UNAM	Eje	Objetivo	Programas
Administración y gestión Institucional	Andamiaje Institucional	Establecimiento y/o actualización de los lineamientos generales y específicos que modularán la vida académica del Instituto de Geociencias.	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de reglamentación interna del Instituto. • Establecimiento del código de ética y conducta del IGC. • Creación, formalización y consolidación de los cuerpos académicos colegiados del Instituto. • Socialización de la reglamentación institucional y universitaria.
Impulso a la carrera académica	Planta Académica - Nosotros	Fortalecimiento de la planta y trabajo académicos a través. Establecer las medidas necesarias para mejorar el bienestar del personal académico y estudiantes del Instituto	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento a la movilidad internacional. • Fomento a la superación académica del personal técnico académico. • Promover herramientas de autocuidado. • Programa de atención y cuidado a la salud mental del personal académico, administrativo y estudiantil del IGC. • Capacitación en técnicas esenciales de trabajo de campo para el personal académico y estudiantes. • Establecimiento protocolos de seguridad del personal académico en campo.
Ampliación de la difusión cultural y la extensión académica	Geociencias para todos - divulgación	Incrementar el conocimiento y la familiarización de la sociedad con las Ciencias de la Tierra. Aumentar el número de estudiantes de nuevo ingreso a la licenciatura y posgrado en Ciencias de la Tierra a partir de actividades de divulgación y difusión del trabajo científico que se lleva a cabo en el IGC	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento a las vocaciones geocientíficas y capacitación de profesores. • Producción de exposiciones geocientíficas permanentes e itinerantes. • Producción y participación en exhibiciones y festivales científicos. • Programa de comunicación de las geociencias para comunidades originarias de México.

continúa

Ejes PDI-UNAM	Eje	Objetivo	Programas
Vinculación nacional e internacional	IGC-Internacional	Promover la movilidad académica internacional del personal académico y estudiantes desde y hacia el IGC, para reforzar y ampliar el reconocimiento de la Institución	<ul style="list-style-type: none"> Fomento a la movilidad internacional del personal académico del IGC (junto con 3.1) Movilidad internacional de estudiantes de posgrado. Atracción de talento estudiantil internacional. Visitas sabáticas y de investigación por académicos externos al IGC. Vinculación con instituciones académicas, entidades no gubernamentales e I.P. extranjera. Organización de eventos académicos, cursos y diplomados internacionales en el IGC y por personal del IGC. Obtención de financiamiento internacional para proyectos de investigación y vinculación. Inclusión del personal académico del IGC en cuerpos colegiados y consultivos de organismos internacionales.
Ampliación de la difusión cultural y la extensión académica	Difusión	Reforzar la presencia nacional e internacional del IGC a través de una estrategia multimodal de difusión de la actividad geocientífica	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de la infraestructura y técnico de las revistas. Foro nacional de geociencias Organización de eventos científicos nacionales e internacionales (cursos, talleres, congresos)
Consolidación y apoyo a la investigación	Nuestro IGC	Proveer de espacios laborales dignos y apropiados para la realización de las labores académicas y administrativas. Laboratorios sustentables Fortalecer la identidad institucional	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de la sostenibilidad financiera de los laboratorios del IGC Fortalecimiento de la infraestructura física y humana de apoyo en tecnologías de información y seguridad de cómputo Dignificación de espacios comunes Fortalecimiento de la identidad institucional
Vinculación nacional e internacional	IGC-enlazado (vinculación)	Consolidar la vinculación como una alternativa de financiamiento de la actividad científica -académica	<ul style="list-style-type: none"> Creación de unidad de vinculación. Catálogo de servicios del IGC. Sistematización y optimización de procesos de vinculación. Impulso a la impartición de diplomados y cursos cortos. Vinculación con
Administración y gestión institucional	Administración	Administración eficiente, transparente y en apoyo a las labores académicas sustanciales del Instituto.	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de procesos administrativos Gestión administrativa Responsabilidad social universitaria y rendición de cuentas
Igualdad de género	IGC-IGUAL	Disminuir las desigualdades generadas en la comunidad académica del IGC. Diagnosticar y caracterizar el desbalance generico observado en el Posgrado en Ciencias de la Tierra	<ul style="list-style-type: none"> Caracterización de los factores que generan la desigualdad generica en el Posgrado en Ciencias de la Tierra. Fortalecimiento de la Comisión de Igualdad de Género del IGC.
Fortalecimiento y renovación de la docencia.	IGC-Edu	Fortalecer los programas existentes de formación de geocientíficos, tanto a nivel licenciatura como posgrado. Ser un actor sobresaliente en la formación de los geocientíficos del siglo XXI	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de la participación de los académicos del IGC en las distintas licenciaturas de la UNAM Fortalecimiento del posgrado en Ciencias de la Tierra Participación en programas de educación continua (diplomados y cursos) Fomento a la realización de estancias internacionales por los estudiantes de posgrado adscritos al IGC Capacitación formal en técnicas de trabajo de campo (4x4 y primeros auxilios) Herramientas de autocuidado y atención psicológica

de las interrogantes científicas que buscamos resolver y dar a conocer, de manera no limitativa, las herramientas que utilizamos actualmente para resolverlas. Esta forma novedosa de catalogar la actividad de investigación que se lleva a cabo en el IGC permite presentar los esfuerzos

en la resolución de problemas geocientíficos, de manera independiente de la aproximación técnica, y no en reforzar líneas de investigación específicas. Este esquema tiene la ventaja adicional que permite ser transmitido y socializado más fácilmente.

1. ANDAMIAJE INSTITUCIONAL

La transformación de Centro de Geociencias en Instituto de Geociencias requiere la actualización de los lineamientos que norman la vida académica de la Institución, así como los procedimientos académico-administrativos. De manera adicional, es necesario establecer los lineamientos de operación de los diversos cuerpos colegiados que fueron creados/modificados en los últimos años. Una parte fundamental de este eje será el establecimiento de la estructura del Consejo Interno y la representatividad que tendrán los académicos en él, lo cual deberá quedar definido en el reglamento interno.

De manera colegiada se presentará a la comunidad un código de ética y conducta para el personal académico del Instituto. Estudiantes y visitantes, con la finalidad de establecer los principios que norman la convivencia de la comunidad y fomenten una relación armónica y constructiva, en concordancia con los principios éticos y lineamientos universitarios, y que genere en un ambiente de igualdad de oportunidades, sin distinción de género u orientación sexual.

El proceso de actualización de los lineamientos que regulan la vida académica del IGC es un proceso gradual, colegiado, y que requiere la participación de la comunidad del Instituto. Sin embargo, es necesario que la comunidad esté informada de los reglamentos actualizados, su razón, y las diversas implicaciones que pueden tener en la vida ins-

titucional, por lo que también se establece un programa de socialización entre la comunidad del IGC de los reglamentos actualizados.

OBJETIVO:

Establecer, actualizar, y socializar la normatividad académica-administrativa y lineamientos que regularán la vida académica del Instituto de Geociencias.

- 1.1. Actualización de reglamentación interna del Instituto.
 - 1.1.1. Reglamento interno.
 - 1.1.2. Estructura académica del IGC.
 - 1.1.3. Reglamentación secundaria.
 - 1.1.4. Código de ética y conducta del IGC.
- 1.2. Socialización de la reglamentación institucional y universitaria.

Metas	Indicadores
A. Reglamento Interno	a. Existencia de los reglamentos
B. Reglamentos secundarios (Ingresos extraordinarios, becas, trabajo de campo, estudiantes)	b. Código de ética del IGC
C. Establecimiento del código de ética y comportamiento	

2. NOSOTROS

La planta académica del IGC es el corazón de la institución, por lo que el desarrollo profesional de cada uno de ellos se refleja en el desarrollo del Instituto. En términos de edad, la población de académicos del IGC muestra una distribución bimodal, reflejando la presencia de un grupo de investigadores plenamente consolidados, y otro grupo en proceso de consolidación como investigadores independientes. De esta manera se proponen programas para fomentar la movilidad al exterior de la institución de los académicos jóvenes, con la finalidad de que establezcan y refuercen colaboraciones nacionales e internacionales que les permitan adquirir experiencia y consolidarse más fácilmente. Igualmente se tomarán acciones para también favorecer la movilidad nacional e internacional hacia el Instituto, a partir de estancias de investigación y sabáticas por académicos y estudiantes externos y en colaboración con los académicos del IGC. Se fomentará que la superación académica del personal técnico sea a partir de su incorporación a algún posgrado, participación en diplomados y cursos de actualización.

El desarrollo de IGC requiere que el personal académico y la comunidad no solo se desarrolle profesionalmente, sino que pueda contar con las herramientas necesarias para poder afrontar las diversas eventualidades (técnicas y personales) asociadas con nuestro trabajo, de manera que se establecen programas de capacitación técnica para realizar las labores

de trabajo de campo de manera segura, así como programas para fomentar el bienestar emocional y físico del personal académico y la comunidad del Instituto en general.

Para el periodo de esta administración será fundamental que el personal académico, administrativo y de base puedan realizar sus labores en un ambiente de trabajo seguro, por lo que es necesario establecer el comité de seguridad del IGC, con las diferentes brigadas, instaurar un programa de capacitación de estas, así como la definición de protocolos de seguridad ante emergencias.

Finalmente, dentro del contexto social actual del país, y dada la naturaleza del trabajo geocientífico en zonas remotas, es de vital importancia establecer protocolos de seguridad que permitan conservar la integridad del personal académico, así como de contingencia ante posibles eventualidades.

**LA PLANTA ACADÉMICA
DEL IGC ES EL
CORAZÓN DE LA INSTITUCIÓN**

OBJETIVO:

Establecer las condiciones para el desarrollo profesional del personal académico, proporcionando las herramientas y la capacitación adecuada para llevar a cabo el trabajo geocientífico en las mejores condiciones de seguridad sin menoscabo a la integridad personal.

- 2.1. Fomento a la movilidad internacional.
- 2.2. Fomento a la superación académica del personal técnico.
- 2.3. Herramientas para el desarrollo integral.
 - 2.3.1. Promover y socializar diferentes herramientas de autocuidado.
 - 2.3.2. Programa de atención y cuidado a la salud mental del personal académico, administrativo y estudiantil del IGC.
 - 2.3.3. Capacitación en técnicas esenciales de trabajo de campo para el personal académico y estudiantes.
 - 2.3.4. Protocolo de seguridad durante trabajo de campo.
- 2.4. Comité de seguridad del IGC.

Metas	Indicadores
A. Aumento en la movilidad internacional del personal académico para estancias de investigación y sabáticas.	a. Número de estancias cortas y sabáticas en el extranjero
B. Superación académica del personal técnico académico.	b. Programas de posgrado, diplomados y educación continua a los que se ha inscrito y egresado personal técnico
C. Establecimiento de un esquema institucional de atención psicológica y de prevención del suicidio.	c. Establecimiento del programa Espora Universitaria o equivalente
D. Capacitación en técnicas de manejo 4x4.	d. Capacitación de al menos 2 académicos en el programa "Centinelas"
E. Capacitación en primeros auxilios en zonas remotas.	e. Número de participantes en cursos de capacitación en 4x4
F. Protocolo de seguridad en trabajo de campo y emergencias.	f. Número de participantes en cursos de primeros auxilios
G. Establecimiento del comité de seguridad del IGC	g. Protocolo de atención de emergencias
	h. Conformación del comité de seguridad y brigadas de atención a emergencias, así como el programa de actividades y protocolos de acción.

3. GEOCIENCIAS PARA TODOS

La comunicación pública de las geociencias es una actividad fundamental en nuestro trabajo y que toma un papel central para los próximos años. Ante el declive alarmante en el interés que muestran los estudiantes de bachillerato por estudiar una licenciatura de ciencias de la Tierra y el desconocimiento generalizado de la relevancia de las geociencias para el desarrollo sostenible de nuestra sociedad, es apremiante realizar acciones que socialicen la importancia de nuestro trabajo ante la sociedad, dichas acciones estarán enfocadas en fomentar el conocimiento e interés hacia las Ciencias de la Tierra por los estudiantes de bachillerato, fomentar la colaboración con los diversas licenciaturas asociadas a las Ciencias de la Tierra en la UNAM y otras instituciones nacionales, de manera que se revertan las alarmantes tendencias de ingreso en la CdT.

Finalmente, y en virtud de que mucho del trabajo de campo que realiza el personal académico del IGC se lleva a cabo en zonas remotas y con el apoyo de miembros de comunidades originarias, se plantea establecer un programa de comunicación de las geociencias en leguajes locales, tales como ñhañhu, tzotzil y totonaco, que no sólo promueva el conocimiento de las geociencias, sino que colabore en la protección del patrimonio lingüístico de México y las zonas donde realizamos trabajo de campo.

OBJETIVO:

Profundizar el reconocimiento del IGC y la importancia de las geociencias para el desarrollo sostenible de la sociedad a partir de la comunicación pública del trabajo geocientífico que se lleva a cabo en el IGC.

- 3.1. Fomento a las vocaciones geocientíficas
 - 3.1.1. Trabajo de campo con estudiantes y profesores de Bachillerato.
 - 3.1.2. Pláticas y actividades interactivas de comunicación pública en bachilleratos con estudiantes y profesores.

- 3.1.3. Museos y exposiciones geocientíficas permanentes e itinerantes.
- 3.2. Programa de comunicación de la ciencia.
 - 3.2.1. Festival geocultural Müi Geo.
 - 3.2.2. Participación en exhibiciones y festivales científicos.
 - 3.2.3. Geocápsulas.
 - 3.2.4. Fortalecimiento de redes sociales del Instituto
 - 3.2.5. Comunicación de la ciencia con los pueblos Originarios de México.

Metas	Indicadores
A. Incrementar el reconocimiento regional del IGC y la relevancia de las geociencias	a. Incremento de estudiantes de origen nacional en el PCT adscritos al IGC
B. Producción de diversas exposiciones sobre la actividad geocientífica y su relevancia en la sociedad	b. Incremento en el número de aspirantes a la Licenciatura en Ciencias de la Tierra.
C. Pláticas de comunicación de las geociencias a nivel bachillerato	c. Participación en festivales de comunicación pública de las ciencias
D. Actividades de comunicación de las geociencias enfocadas a Pueblos Originarios del centro de México	d. Exposiciones geocientíficas en recintos culturales del estado de Querétaro.
E. Mayor presencia e interacción en redes sociales	e. Métricas de Impacto y reconocimiento en redes sociales.
	f. Material de comunicación pública de las geociencias en diversas lenguas originarias.

4. IGC INTERNACIONAL

Este eje busca subrayar el reconocimiento internacional de la Institución fomentando la movilidad internacional desde y hacia el IGC, con la idea de establecer vínculos productivos y duraderos con instituciones académicas de otros países. Este eje busca la atracción de talento académico a nivel internacional para ingreso al posgrado, la realización de estancias cortas y/o sabáticas, pero también favorecer la realización de dichas actividades en nuestra comunidad, con la finalidad de que la experiencia formativa del posgrado sea integral y los estudiantes aprendan otras maneras de realizar las labores académicas.

Este eje también busca subrayar la relevancia que tiene el IGC a nivel internacional a partir de la participación y organización de eventos de difusión científica, tales como escuelas de verano, talleres y congresos especializados. Igualmente, se fomentará la participación en proyectos geocientíficos de relevancia internacional con la finalidad de atraer financiamiento de organizaciones internacionales.

OBJETIVO:

Promover la movilidad académica internacional de personal académico y estudiantes desde y hacia el IGC para reforzar y ampliar el reconocimiento de la institución.

- 4.1. Fomento a la movilidad internacional del personal académico del IGC (junto con 3.1).
 - 4.1.1. Movilidad internacional de estudiantes de posgrado.
 - 4.1.2. Atracción de talento estudiantil internacional
 - 4.1.3. Visitas sabáticas y de investigación por académicos externos al IGC.
 - 4.1.4. Vinculación con instituciones académicas, entidades no gubernamentales e I.P. extranjera
 - 4.1.5. Organización de eventos académicos, cursos y diplomados internacionales en el IGC y por personal del IGC.
 - 4.1.6. Obtención de financiamiento internacional para proyectos de investigación y vinculación.
 - 4.1.7. Inclusión del personal académico del IGC en cuerpos colegiados y agrupaciones consultivas internacionales.

Metas

- A. Incrementar el número de estancias al extranjero realizadas por los estudiantes de posgrado adscritos al IGC.
- B. Incrementar el número de estancias al extranjero realizadas por el personal académico.
- C. Incrementar el número de estancias de investigación por académicos de instituciones extranjeras
- D. Incrementar la presencia de estudiantes extranjeros de posgrado adscritos al IGC

Indicadores

- a. Número de estancias en el extranjero realizadas por los estudiantes de posgrado adscritos al IGC
- b. Número de estancias al extranjero realizadas por el personal académico
- c. Número de estancias de investigación realizadas en el IGC por académicos extranjeros
- d. Número de estudiantes extranjeros de posgrado adscritos al IGC
- e. Convenios de colaboración con instituciones extranjeras
- f. Financiamiento a proyectos de investigación por organizaciones internacionales.

5. DIFUSIÓN

Este eje busca fortalecer el reconocimiento nacional e internacional a la actividad académica y científica del IGC a través de la difusión del conocimiento geocientífico, tanto el generado por el personal académico del IGC como en otras instituciones nacionales e internacionales. Se revisará el desempeño de los diversos medios de difusión geocientífica en las que el IGC está involucrado y se buscará la manera de optimizar los recursos y fortalecer la infraestructura física y técnica de las revistas y potenciar su impacto

Se fomentará la organización de foros académicos regionales, nacionales e internacionales en los que se expongan, discutan y debatan diversos temas de interés geocientífico, y que se permita el intercambio de ideas y teorías. Se buscará fortalecer la relevancia del personal académico del IGC a través del fomento a la participación rutinaria en la impartición de cursos, talleres, diplomados, etc., nacionales e internacionales.

OBJETIVO:

Reforzar la presencia nacional e internacional del IGC a través de una estrategia multimodal de difusión de la actividad geocientífica.

- 5.1. Fortalecimiento de la infraestructura física, digital y técnica de las revistas publicadas por el IGC.
- 5.2. Organización del foro nacional de geociencias.
- 5.3. Organización de eventos científicos – técnicos nacionales e internacionales (cursos, talleres, congresos).

Metas

- A. Potenciar el impacto de las revistas geocientíficas y publicaciones del IGC
- B. Organización de eventos de difusión geocientífica nacionales e internacionales
- C. Organización de cursos y diplomados profesionalizantes y de actualización técnica.

Indicadores

- a. Eventos de difusión organizados.
- b. Impacto de las revistas geocientíficas y publicaciones del IGC.
- c. Seguimiento del impacto de los cursos y diplomados impartidos.

6. NUESTRO IGC

La reciente transformación del Centro de Geociencias a Instituto de Geociencias representa una oportunidad única para reflexionar sobre la institución en la que muchos han iniciado y/o consolidado su carrera como geocientíficas y geocientíficos. El reconocimiento de pertenencia a una institución en la que hemos invertido nuestros esfuerzos profesionales, e incluso personales, nos confiere una identidad única que debe celebrarse.

Nuestro edificio cuenta con más de 25 años de haber sido construido, y la última actualización significativa en cuestión de espacio fue hace cerca de 10 años. Asimismo, dentro del campus UNAM-Juriquilla, somos la segunda institución con menor área por académico. Lo anterior, aunado con el aumento en el personal académico e investigadores posdoctorales, ha incrementado la presión para optimizar y dignificar los espacios de uso común y particular. Como tal, es necesario realizar grandes esfuerzos por dignificar, e idealmente ampliar, la infraestructura física y los espacios para que el personal académico y administrativo pueda realizar sus actividades.

Asimismo, gran parte de nuestro trabajo está asociado con el buen funcionamiento de los 22 laboratorios y 3 talleres del Instituto, sin embargo, es necesario establecer un programa institucional para fomentar la sostenibilidad financiera de éstos, de manera que, en el mediano y largo plazo, cuenten con los fondos suficientes para mantener, reparar y/o actualizar la instrumentación analítica con la que cuentan y puedan mantenerse en la frontera de su línea de trabajo.

Las distintas tecnologías de información y cómputo (TIC) son fundamentales para el desarrollo de las actividades esenciales de los académicos; para su buen aprovechamiento es necesario contar con infraestructura robusta y resiliente, con monitoreo continuo y protección ante diversas amenazas digitales. Ciertamente se han realizado esfuerzos notables por parte de la administración de la Institución para contar con una red de fibra óptica renovada y resiliente, un sistema de correo electrónico y servicios digitales en la nube robusto, sin embargo, es necesario contar con apoyo altamente especializado en programación de servicios digitales en la nube y seguridad de cómputo, y que permita al personal académico y administrativo del Instituto contar con el apoyo técnico en TIC necesario para realizar sus labores de manera más eficiente.

OBJETIVO:

Fortalecer la Identidad institucional. Proveer de espacios laborales dignos y apropiados para la realización de las labores académicas y administrativas. Fortalecer la sostenibilidad financiera de los laboratorios del IGC. Fortalecer la infraestructura de TIC del Instituto.

- 6.1. Fortalecimiento de la identidad y pertenencia institucional.
- 6.2. Generar y optimizar los espacios de trabajo.
- 6.3. Fomentar la sostenibilidad financiera de los distintos laboratorios.
- 6.4. Fortalecimiento de la infraestructura física y humana de apoyo en tecnologías de información y seguridad

Metas	Indicadores
A. Identidad institucional y comunitaria. B. Espacios laborales dignos. C. Laboratorios y talleres con sostenibilidad financiera D. Unidad de cómputo académico y seguridad informática.	a. Estados financieros sanos para los laboratorios y talleres.

7. IGC-EDU

La formación de las próximas generaciones de geocientíficos es una de las actividades primordiales de nuestra labor académica. Durante los próximos años, la formación de geocientíficos tendrá que tomar un ímpetu importante, no sólo para la integración de cuadros académicos, sino también con perfiles extra-academia. Como se mencionó arriba, hay un potencial importante de incorporación de geocientíficos en distintas entidades de gobierno, iniciativa privada y organizaciones no gubernamentales, en la que pueden destacar en el desarrollo de una sociedad sostenible. De esta manera, es prioritario incrementar, primordialmente, el número de estudiantes de nuevo ingreso a las licenciaturas y posgrados afines a las Ciencias de la Tierra, así como fomentar el compromiso del personal académico del IGC con la formación de recursos humanos como una actividad esencial de la labor científica. Es necesario establecer programas de prácticas profesionales con distintas entidades universitarias (ENCIT, ENES-J, ENES-Mor, ENES-Mer, FI) y de otras entidades académicas nacionales, así como fortalecer los programas

de servicio social en los que participa el IGC. De manera institucional es imperante impulsar diversas actividades de comunicación pública de las geociencias enfocadas, principalmente, al bachillerato, con la finalidad de desmitificar y hacer más atractiva la labor (geo)científica.

Así como es necesario incrementar la matrícula en las licenciaturas y posgrados afines a las ciencias de la Tierra, y fortalecer la interacción con los estudiantes, también es necesario poner énfasis en la calidad de la formación impartida y fomentar que los estudiantes adscritos a la institución aprovechen la gran cantidad de oportunidades que ofrece la Universidad para realizar estancias de investigación asociadas con su tema de tesis en el extranjero, ya que ello les permite aprender otras maneras de realizar labor científica, conocer otras culturas y formas de trabajo, abonando a su desarrollo profesional y personal.

Los programas que aquí se presentan con marca se llevarán a cabo de manera simultánea con aquellos del Eje IGC-Internacional (*) y Geociencias para todos (+).

OBJETIVO:

Fortalecer los programas existentes de formación de geocientíficos, tanto a nivel licenciatura como posgrado. Ser un actor sobresaliente en la formación de los geocientíficos del siglo XXI.

- 7.1. Ciclo de seminarios orientados a las comunidades locales, a nivel preparatoria.
- 7.2. Programa de prácticas de difusión y divulgación científica orientada a estudiantes de licenciaturas de Ciencias de la Tierra.
- 7.3. Programa de prácticas profesionales de licenciatura con entidades universitarias (ENCIT, FI, ENES-J, ENES-M).
- 7.4. Programa de prácticas profesionales para entidades académicas extra-Universitarias.
- 7.5. Fomentar la internacionalización de los estudiantes de posgrado adscritos al IGC.

Metas

- A. Fortalecer la participación del IGC en la formación de geocientíficos.
- B. Programas de prácticas profesionales con entidades diversas universidades, incluyendo instituciones de la UNAM (+).
- C. Incrementar el número de estancias al extranjero realizadas por los estudiantes de posgrado adscritos al IGC (*).
- D. Fortalecer los programas de servicio social en los que participa el IGC.

Indicadores

- a. Número de estudiantes totales adscritos al IGC.
- b. Cantidad de estudiantes realizando prácticas profesionales en el IGC.
- c. Número de programas de servicio social en los que participa el IGC y estudiantes que participantes.
- d. Número de estudiantes que realizan estancias de investigación en el extranjero.

8. IGC - ENLAZADO

La labor de vinculación del IGC ha sido, tradicionalmente, una fuente importante de ingresos a la institución. Sin embargo, requiere ser optimizada, sistematizada y simplificada, con la finalidad de facilitar el trabajo de vinculación de los académicos con distintas entidades, pero también para hacer más visibles las ventajas particulares que el IGC tiene para vincularse con diversos sectores de la sociedad. En varias instituciones del subsistema de la Investigación Científica, el trabajo de vinculación es una alternativa realista y sólida para la obtención de financiamiento, por lo que el IGC no puede abstraerse de dicha actividad. Un factor importante en este rubro es la modernización del reglamento de ingresos extraordinarios (paralelo en eje 1)

OBJETIVO:

Consolidar la vinculación como una alternativa de financiamiento de la actividad científica -académica.

- 8.1. Formación de una Unidad de vinculación
- 8.2. Catálogo de servicios del IGC
- 8.3. Sistematización de procesos de vinculación
- 8.4. Diplomados, Cursos.

Metas

- A. Catálogo de servicios de vinculación
- B. Optimización, sistematización y simplificación de procesos de vinculación
- C. Fortalecimiento de las actividades de educación extracurricular.

Indicadores

- a. Catálogo de servicios
- b. Manual de operaciones de servicios de vinculación.
- c. Número de diplomados y cursos impartidos.
- d. Reglamento de ingresos extraordinarios actualizado.

9. ADMINISTRACIÓN TRANSPARENTE

En virtud de los problemas administrativos recurrentes del anterior secretario Administrativo, la comunidad del Instituto requiere de una administración eficiente y transparente, que la apoye en cumplir con la extensa normativa universitaria. La comunidad académica del IGC requiere de trámites administrativos para las múltiples actividades que se desarrollan, salidas de campo, becas y otros servicios. En ocasiones los tiempos de respuesta, debido a los procesos administrativos y el cumplimiento de la normatividad Institucional y del Instituto, son tardados

y generan conflicto en el quehacer científico. Por ello, se busca la forma de agilizar el sistema y buscar las vías que permitan resolver en tiempo y forma las solicitudes y que los académicos puedan continuar en el desarrollo de su trabajo.

Será necesario revisar la normatividad vigente y evaluar la forma en que se pueden realizar modificaciones dentro de la reglamentación para agilizar la dinámica interna.

Para esta actividad, se requiere de un análisis de todos los lineamientos y reglamentos que regulan la gestión administrativa.

OBJETIVO:

Fortalecer la estructura administrativa, con el fin de brindar de manera eficiente y transparente el apoyo necesario a las labores académicas sustanciales del Instituto.

- 9.1. Optimización de procesos administrativos
- 9.2. Gestión administrativa
- 9.3. Responsabilidad social universitaria y rendición de cuentas

Metas	Indicadores
A. Actualización de procesos y manuales administrativos en apego a la normatividad de la UNAM	a. Actualización del 90% de procesos y manuales administrativos.
B. Diseño de una plataforma digital para el seguimiento a trámites y saldos de proyectos y laboratorios	b. Implementación de plataforma digital para seguimiento de trámites y saldos.
C. Digitalización de expedientes administrativos.	c. Digitalización de expedientes electrónicos
	d. Informes financieros anuales a laboratorios y consejo interno.

10. IGC-IGUAL

La marcada disparidad genérica en el número de investigadoras vs investigadores que existe en el Instituto, no es un caso anómalo dentro de la Universidad y más bien se encuentra en niveles similares a la observada en otros Centros e Institutos pertenecientes al subsistema de la Investigación Científica. Esta desigualdad no se puede resolver de manera inmediata, ya que como se mostró en el diagnóstico previo, es posible trazar el desbalance masculino/femenino, en las etapas formativas finales de los geocientíficos, aunque las razones detrás de dicho desbalance no son del todo claras. De esta manera, en conjunto con la Comisión de Igualdad de Género del IGC (CIG-IGC), es necesario identificar las razones por la cual hay un ingreso dispar a las etapas formativas finales, de manera que puedan ser implementadas las medidas necesarias para poder corregir dicho desbalance.

Asimismo, el fortalecimiento de la CIG-IGC es de vital importancia para poder socializar los diversos programas y actividades destinados a disminuir las disparidades y eliminar posibles discriminaciones. La participación de la comunidad

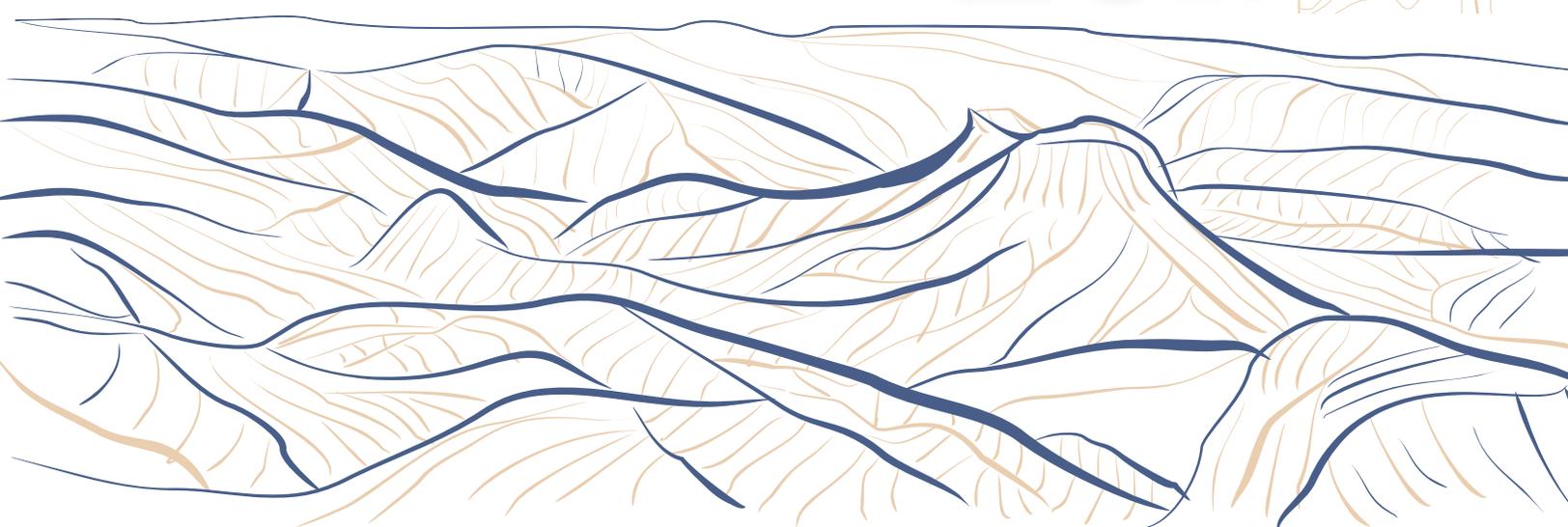
en la CIG-IGC, y en las actividades que ésta organiza, es fundamental para propiciar un ambiente libre de posibles discriminaciones y violencia por razones de género.

OBJETIVO:

Disminuir las desigualdades genéricas en la comunidad académica del IGC. Diagnosticar y caracterizar el desbalance genérico observado en el Posgrado en Ciencias de la Tierra.

Metas	Indicadores
A. Identificación de los factores generadores de desigualdad genérica en el Posgrado	a. Diagnóstico y programa para disminuir la disparidad de género en el PCT
B. Fortalecimiento de la CIG-IGC	b. Actividades de difusión de la cultura de equidad de género y no violencia sexogenérica.
C. Evaluación del impacto de las actividades organizadas por la CIG-IGC	

20²⁴
28



ANEXO 1

LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO DE GEOCIENCIAS

Históricamente, los planes de desarrollo institucionales presentan las estrategias para el impulso de ciertas líneas de investigación que se han considerado estratégicas o claves. Sin embargo, esta aproximación tiene algunas limitaciones prácticas, tales como que algunas líneas de Investigación se pueden agotar por diversos motivos: existe una frontera poco clara entre línea de investigación y metodología/técnica para investigación, o una tendencia hacia la creación de líneas muy específicas e hiperespecializadas. Como consecuencia natural de estas limitaciones, se mantienen líneas de investigación que están débilmente soportadas, se crean líneas nuevas para considerar la incorporación de nuevas contrataciones, o se perfilan líneas de investigación muy generales que incorporan a gran cantidad de académicos, y que no describe realmente las actividades realizadas por los investigadores.

Bajo ese contexto, se plantea catalogar la investigación que se lleva a cabo en el Instituto de acuerdo con las interrogantes geocientíficas en las que están enfocados nuestros esfuerzos, de manera que se resalte la aproximación multidisciplinaria a la resolución de dichas interrogantes, y permita socializar más fácilmente el trabajo científico que se lleva a cabo en la institución. Cabe mencionar que estas preguntas están basadas en un ensayo liderado por la National Academy of Sciences para identificar las áreas estratégicas de investigación a ser financiadas por la NSF, así como por un ejercicio institucional de evaluación de las líneas de investigación descritas en los PDI de las administraciones pasadas del Centro de Geociencias.

La catalogación de la investigación bajo preguntas/temas de investigación representa un cambio fundamental en la esencia de nuestra labor científica, ya que focaliza y proyecta a las labores de investigación actual y futura del Instituto hacia los temas más relevantes de las geociencias en las próximas décadas, permita valorizar nuestra labor de investigación y contextualizarla dentro del establecimiento de los paradigmas geocientíficos del siglo XXI, sin menoscabo en la comunicación de nuestro trabajo hacia la sociedad.

¿CÓMO SE GENERA EL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA?

El campo magnético es producido por movimientos de fluidos en el núcleo externo líquido de la Tierra que requieren una gran cantidad de energía. La cristalización del núcleo interno libera calor latente y energía gravitacional, impulsado el dínamo y creando el campo magnético actual. Sin embargo, este proceso plantea desafíos a nuestra comprensión actual de la estructura interna del planeta, y que implican que el núcleo podría ser más joven de lo que se pensaba, por lo que requieren más estudios para explicar la mayor parte del registro paleomagnético.

El establecimiento del campo magnético terrestre ha sido vital para el desarrollo de la vida en el planeta, al

evitar que las tormentas solares despojen a la Tierra de su atmósfera, pero también protege la infraestructura en la que está basada nuestra sociedad, ya que esas mismas tormentas solares pueden afectar a los sistemas eléctricos, de telecomunicaciones y navegación. De esta manera, mediciones directas y constantes son esenciales para proteger gran parte del estilo de vida moderno.

Las observaciones directas del campo magnético cubren sólo los últimos 400 años, por lo que las mediciones paleomagnéticas son cruciales para extender este tiempo y comprender su variabilidad, excursiones geomagnéticas y campos de polaridad. Así, sabemos que la intensidad del campo magnético Terrestre ha disminuido la intensidad más del 15% en el último siglo y su eje se está desplazando rápidamente. Algunos investigadores pronostican una posible inversión del campo magnético en pocas generaciones, lo que requiere un monitoreo constante para analizar su impacto en la biósfera.

La comprensión del comportamiento del campo magnético a lo largo del tiempo también nos ha permitido establecer límites temporales a diversos procesos geológicos en los que se ve involucrada la formación de minerales magnéticos, convirtiendo al paleomagnetismo en una poderosa herramienta geocronológica.

Comprender como se ha formado el campo magnético de la Tierra, y como ha variado en el tiempo nos permite entonces entender como está formado nuestro planeta, comprender diversos procesos geológicos y ambientales, y valorar su valioso rol en la protección de la atmósfera de tormentas solares.

Comprender cómo y porqué se genera el campo magnético Terrestre implica el estudio del magnetismo de rocas de diferentes edades, pero también requiere el realizar modelaciones geofísicas numéricas con sistemas de cómputo de alto rendimiento para poder elucidar la estructura del núcleo Terrestre, aplicar modelaciones y mediciones termodinámicas sobre la estabilidad de diferentes fases minerales bajo condiciones de alta presión y temperatura compatibles con el núcleo de la Tierra.

¿CUÁNDO, CÓMO Y PORQUÉ COMENZÓ LA TECTÓNICA DE PLACAS?

Entender el inicio y funcionamiento de la tectónica de placas es fundamental para aceptar que la historia de la Tierra ha sido caracterizada por un proceso cíclico de ensamblaje y disrupción de supercontinentes, lo que ha influido en la evolución geográfica y climática, y en la diversificación biológica y cultural. La tectónica de placas ha permitido la vida en el planeta y es el “caldo primordial” para diversos procesos geológicos, como la sismicidad y el volcanismo.

La teoría de la tectónica de placas ofrece un marco para explicar fenómenos geológicos y su influencia en ciclos biogeoquímicos, clima y desastres naturales. Aunque

es una teoría madura, quedan aspectos desconocidos sobre los rasgos de la Tierra primitiva, y el inicio de la interacción de placas, procesos fundamentales para el origen de la vida.

El planeta Tierra es único por su tectónica de placas, que influye en todos los fenómenos geológicos y afecta la dinámica atmosférica y oceánica. Aunque se comprende bien su comportamiento, falta entender cuándo y por qué se desarrolló solo en la Tierra. La tectónica de placas y la convección del manto son parte de un mismo sistema, reciclando las placas y contribuyendo a la heterogeneidad del manto. La tectónica de placas tiene amplios impactos más allá de la geología, influyendo en la deformación superficial, el magmatismo, la evolución biogeológica y el cambio climático a largo plazo. Avances en geocronología, modelado de procesos geológicos y geoquímica prometen un progreso revolucionario en la comprensión de la tectónica de placas en los próximos 10 años.

Investigadores del IGC estudian el registro estratigráfico de secuencias sedimentarias e ígneas en diversas partes de México y el resto del mundo, ya que contienen claves para entender la evolución de supercontinentes, tales como Pangea. Entender estos procesos es crucial para comprender la dinámica interna de la Tierra y su influencia en la evolución de la vida y los riesgos geológicos. Estos estudios conllevan, de manera inherente, un componente importante de trabajo de campo, laboratorio y cartografía geológica para entender las relaciones espaciales que los distintos estratos geológicos tienen entre sí, de geología estructural para la identificación de las condiciones de deformación, fallas y plegamientos, y sus consecuencias para la reconstrucción de cuencas y paleocontinentes. Estos estudios se realizan de manera paralela con estudios geoquímicos para poder establecer contextos tectónicos, y con un componente fundamental de geocronología que permite establecer limitaciones temporales a los procesos geológicos. Asimismo, la reconstrucción tectónica requiere del modelado computacional para poder hacer las reconstrucciones paleogeográficas que consistentes con la información geológica, estructural, geoquímica y geocronológica.

¿CÓMO SE DISTRIBUYEN Y (RE)CICLAN LOS ELEMENTOS CRÍTICOS EN LA TIERRA?

Los elementos críticos son esenciales para la vida y tienen un impacto económico significativo debido a sus aplicaciones industriales. Aunque se conocen razonablemente bien los ciclos de nutrientes como el dióxido de carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, los ciclos de elementos críticos son menos comprendidos. La mayoría de los elementos se encuentran hospedados dentro de, o son parte esencial de los más de 5000 minerales conocidos, los cuales almacenan diversidad química e histórica de la Tierra, por lo que funcionan como reservorios y fuentes importantes de estos minerales. La distribución de estos elementos está determinada por procesos geológicos que han influido en el ciclo de elementos entre el interior de la Tierra y la superficie.

Debido a las diferencias en propiedades químicas de los elementos, estos responden de manera diferente ante diversos procesos geológicos, lo que conduce al fraccionamiento (separación) elemental y que puede resultar en enriquecimientos o empobrecimientos de uno

o más elementos en una zona determinada. Determinar la naturaleza de dichos procesos es fundamental para poder entender el origen y destino de los distintos elementos y, por ende, aprovechar dicho conocimiento para detectar anomalías geoquímicas o depósitos minerales, pero también comprender mejor esos procesos permite establecer estrategias de remoción.

Los procesos de fraccionamiento elemental se llevan a cabo durante la gran mayoría de los procesos geológicos, por lo que el estudio de los procesos de fraccionamiento es vital para elucidar las condiciones bajo las cuales los procesos geológicos que los originaron se llevaron a cabo. De esta manera, entender el reciclamiento de los elementos críticos permite entender procesos como la fusión de minerales, el metamorfismo, y la sedimentación de material geológico.

Uno de los principales agentes de fraccionamiento elemental en la superficie terrestre son los microorganismos, los cuales interactúan de manera íntima con los diversos minerales con la finalidad de extraer elementos esenciales para su metabolismo. La comprensión de esos procesos puede también permitir establecer metodologías novedosas de exploración geoquímica y/o remediación de lugares contaminados.

El estudio del reciclamiento de los elementos requiere de técnicas geoquímicas y mineralógicas, recientemente estos estudios han avanzado de manera significativa con el uso de técnicas analíticas con micro haces fotónicos o iónicos, los cuales permiten analizar composiciones elementales bajo un contexto mineralógico y espacial. Asimismo, estos estudios son respaldados por diversos modelos geoquímicos de distribución elemental, y complementados con estudios de exploración geofísica y geoquímica para la caracterización de diversos depósitos a escala regional.

¿QUÉ ES UN SISMO?

Los sismos son la expresión superficial de los procesos geodinámicos. Son manifestaciones complejas de la deformación de la corteza terrestre que ocurren cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia interna de las rocas, causando una fractura súbita y liberando energía en forma de ondas sísmicas.

Los sismos pueden tener consecuencias importantes en la modificación del paisaje, por lo que conocer los procesos que los desencadenan y sus efectos es crucial para prepararnos y evitar tragedias. La geología de sismos, a través de la geomorfología cuantitativa y la paleosismología, busca identificar y caracterizar las fuentes sísmicas y los peligros secundarios como tsunamis y deslizamientos de tierra. Sin embargo, las observaciones recientes muestran que la ruptura sísmica es compleja y ocurre en diversas escalas espaciales y temporales. Esto ha llevado a reconsiderar la naturaleza de los sismos y los procesos dinámicos que los impulsan.

Avances en la caracterización de propiedades físicas y mecánicas de diversos materiales geológicos, acompañada de la computación de alto rendimiento, prometen una mejor comprensión de la deformación observada, así como la construcción de un marco teórico integral basada en las fuerzas y el comportamiento material que controla la deformación a todas las escalas relevantes. En este nuevo enfoque, los límites de las placas se describirán por su origen,

naturaleza y evolución como sistemas de fallas, en términos de las fuerzas convectivas que los controlan.

El estudio de los sismos tiene un componente importante de interpretación de señales sísmicas, lo cual involucra el análisis de gran cantidad de datos sísmológicos, que no pueden dejar de ser puestos en un contexto geológico. El uso de herramientas de cómputo avanzado, redes neuronales e inteligencia artificial, han facilitado la interpretación de grandes bases de datos sísmológicos realizar avances importantes en la interpretación de las señales sísmicas. Asimismo, estos estudios requieren de trabajo de campo para identificar las consecuencias geomórficas de sismos pasados, y localizar posibles fuentes sísmicas no presentes aun en el registro instrumental, pero que podrían activarse en cualquier momento.

¿CÓMO FUNCIONAN LOS VOLCANES?

Los volcanes, junto a los sismos, son la expresión superficial de los procesos geodinámicos que ocurren en el interior de la Tierra y que modelan la superficie terrestre. El estudio de un volcán nos permite abrir una ventana a procesos que ocurren a profundidades de cientos de kilómetros. La reconstrucción de la historia eruptiva de un volcán y la caracterización de sus productos permite inferir los mecanismos que controlan la formación de magma en el manto y los procesos que éste sufre durante su camino hacia la superficie y definir los factores que controlan el estilo eruptivo y la magnitud de los depósitos asociados. Erupciones explosivas pueden causar afectaciones en las zonas directamente expuestas ya sea por la destrucción de infraestructura, pérdidas de vidas humanas y el deterioro de la calidad de aire, sin embargo, pueden tener repercusiones a nivel regional y global por la circulación de ceniza y aerosoles volcánicos, que en años recientes han provocado grandes pérdidas monetarias. Las regiones volcánicas ofrecen riquezas en cuanto a recursos minerales (i.e. oro y plata), energéticos (geotermia) y naturales (agua), y suelos fértiles, factores que desde hace muchos siglos han propiciado el establecimiento de grandes asentamientos humanos en los alrededores de volcanes activos, incrementando el riesgo a desastre en caso de la ocurrencia de una gran erupción. Investigaciones multi e interdisciplinarias en regiones volcánicas (activas y no) representan contribuciones fundamentales enfocadas tanto para la ciencia básica para el mejor conocimiento de los procesos geodinámicos, como para la exploración de recursos naturales y energéticos, y sus implicaciones sociales a través de la evaluación del peligro y reducción del riesgo asociado.

El vulcanismo está controlado por dos procesos principales: la subducción de placas tectónicas y las plumas de convección (vulcanismo intraplaca) y las crestas oceánicas, que es el ambiente en donde se genera la mayor cantidad de material volcánica de la Tierra. El control del vulcanismo implica una combinación de procesos magmáticos (generación y ascenso del magma) y superficiales (erupciones), influenciados por factores tectónico-estructurales como fallas y zonas de debilidad en la corteza terrestre

Las estructuras geológicas preexistentes y nuevas influyen en la ubicación y características de las estructuras volcánicas. Resolver las preguntas sobre el vulcanismo

requiere una perspectiva multidisciplinaria, integrando estudios en petrología ígnea, geología estructural, geología de exploración, geología ambiental y estudios de riesgo volcánico. El paleomagnetismo utiliza rocas volcánicas para estudiar el campo magnético de la Tierra y puede proporcionar datos importantes sobre la evolución volcánica y la datación de erupciones.

El estudio del funcionamiento de los volcanes está basado en intenso trabajo de campo y cartografía geológica, en el que puedan reconocerse las diversas características físicas y químicas de los eventos eruptivos, así como de los procesos de remoción de masa asociados a dichos eventos. Asimismo, requieren de estudios geoquímicos, geocronológicos y petrográficos con la finalidad de establecer las características fisicoquímicas de erupciones volcánicas pasadas. Igualmente, el estudio de los volcanes con técnicas de exploración geofísica permite determinar la estructura interna de los volcanes, mientras que el estudio de la actividad sísmica, aunado a otros estudios sobre deformación del terreno, geoquímica de gases y aguas, y otros parámetros geofísicos, permiten determinar el nivel de actividad volcánica, con el que es posible estimar el tipo de actividad eruptiva que se puede esperar a futuro.

¿CUÁLES SON LAS CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL CAMBIO EN LA TOPOGRAFÍA?

La evolución del relieve y los cambios topográficos son el resultado de una larga evolución geológica y de la interacción de la geósfera con la hidrósfera y atmósfera. Estudiar estos factores es crucial para entender la historia reciente de nuestro planeta y para evaluar peligros geológicos, caracterizar recursos geológicos y planificar correctamente el uso del suelo. Las interacciones entre la dinámica del manto, los procesos superficiales y los cambios en el nivel del mar son ejemplos de las conexiones entre diferentes partes del sistema terrestre expresadas en la topografía.

Los procesos internos (endógenos), como la deformación y el fallamiento, juegan un papel importante en la modificación de la topografía en tiempos geológicos, especialmente en zonas de rift y de sistemas de fallas normales que conforman cuencas continentales.

En las últimas dos décadas se ha avanzado en la comprensión de cómo el clima, la tectónica y la erosión modelan la topografía de la superficie terrestre. Las nuevas tecnologías permiten medir estos cambios en escalas de tiempo geológicas y humanas, abordando preguntas científicas clave y desafíos urgentes relacionados con peligros geológicos, recursos naturales y cambio climático.

La topografía es sensible a procesos que operan en diferentes escalas temporales y espaciales, desde la dinámica del manto y la evolución de los límites de placas hasta terremotos, erupciones volcánicas, tormentas y glaciares. Estos procesos no sólo moldean la topografía, sino que también influyen en el clima, el estrés litosférico y los procesos de erosión.

Cuantificar el cambio topográfico es esencial para avanzar en muchas áreas de las geociencias, desde la predicción de deslizamientos de Tierra hasta la distribución de recursos hídricos y del suelo. Las interacciones entre

la dinámica del manto, los procesos superficiales y los cambios en el nivel del mar son ejemplos de las conexiones entre diferentes partes del sistema terrestre expresadas en la topografía. El fenómeno de subsidencia es multifactorial y conlleva otros peligros geológicos y sociales asociados como el fracturamiento del subsuelo y el deterioro de la infraestructura urbana, por lo que además de un robusto modelo geológico para cada caso de estudio, se deben realizar estudios interdisciplinarios como el monitoreo hidrogeológico, el monitoreo de la deformación por percepción remota, el análisis mecánico del comportamiento de los materiales

El estudio de los cambios y consecuencias de la topografía requiere de un intenso trabajo de campo para identificar y caracterizar distintos procesos de evolución del paisaje. Estos van de la mano con estudios de prospección realizados con sensores remotos, interpretación de imágenes satelitales, pero también técnicas de geocronología que permiten determinar edades de exposición y/o enterramiento, tasas de denudación a partir del análisis de trazas de fisión, así como estudios geofísicos y estructurales que permiten poner bajo un contexto sísmico-tectónico los cambios topográficos observados u inferidos.

¿CÓMO HAN EVOLUCIONADO LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS?

Los ciclos biogeoquímicos se definen como el intercambio de los elementos entre distintos reservorios del planeta, mediados por procesos químicos, geológicos y/o biológicos. Dichos intercambios pueden involucrar cambios físicos, químicos y mineralógicos, en función de las condiciones fisicoquímicas imperantes, por lo que entender cómo actúan en el presente puede ofrecer una explicación a como fueron en el pasado. La evidencia de las últimas décadas indica de manera contundente que los procesos de fraccionamiento y reciclaje elemental no pueden entenderse completamente sin considerar el rol que la biósfera juega, tanto como agente de fraccionamiento, como reservorio de algunos elementos.

La Tierra es el único planeta conocido con una biosfera activa, que ha interactuado con la química de su superficie durante miles de millones de años. Los procesos biológicos que reciclan elementos como carbono y nitrógeno, y que influyen en la química global y en la diversidad mineral incluyen la fotosíntesis y la producción de gases de efecto invernadero.

La comprensión de la evolución de los ciclos elementales requiere la integración de datos de reservorios naturales y económicos. La biogeoquímica revela cómo los procesos biológicos, como la fotosíntesis y la formación microbiana de minerales, han influido en la química global y la diversidad mineral de la superficie de la Tierra durante miles de millones de años.

En los últimos años, se ha reconocido el efecto biogeoquímico en diversos procesos naturales, desde el intemperismo y formación de suelos, hasta la formación de depósitos minerales a altas temperaturas. La comprensión de los distintos ciclos biogeoquímicos permite también entender las condiciones bajo las cuales se pudo haber desarrollado

la vida en el planeta hace varios miles de millones de años, los procesos que condujeron al desarrollo de la atmósfera terrestre o, incluso, a desarrollar metodologías novedosas para la degradación y/o remoción de contaminantes.

El estudio de los ciclos biogeoquímicos, y su variabilidad en el tiempo, involucra el uso de técnicas de caracterización microbiana, enzimática, bioquímica y biología molecular, que al usarse junto con técnicas geoquímicas y dentro de un contexto geológico, permite inferir el rol que distintos agentes biológicos juegan, y han jugado, diferentes organismos a lo largo del tiempo en los ciclos correspondientes.

¿CÓMO AFECTAN LOS PROCESOS GEOLÓGICOS LA BIODIVERSIDAD?

Entender la relación entre los procesos geológicos y la diversidad permite establecer las bases para entender el escenario geológico y las condiciones fisicoquímicas bajo las cuales se desarrolló la vida en el planeta, y permite entender como llegamos, a lo largo de muchos millones de años, a ser lo que somos en la actualidad.

Los procesos geológicos están directamente conectados con la aparición y desaparición de la vida, creando nichos ecológicos y distribuyendo nutrientes esenciales para la biodiversidad. La evolución geológica de los continentes ha permitido definir ambientes climáticos en los que se favorece el desarrollo y expansión de biota con las características adecuadas para sobrevivir en dicho ambiente. La fusión de continentes a partir de la colisión de placas tectónicas, o la emergencia de cadenas montañosas gracias a la actividad volcánica, han permitido el intercambio biológico ente cuerpos continentales que estaban previamente aislados. Igualmente, la separación de masas continentales asociadas al movimiento de placas tectónicas conduce al aislamiento de comunidades, conduciéndolas a trayectos evolutivos independientes.

La relación entre biodiversidad y procesos geológicos es recíproca: los procesos geológicos influyen en la biodiversidad y viceversa. Entender cómo y por qué varía la diversidad a lo largo del tiempo es central para muchas interacciones Tierra-Vida. La pérdida de diversidad y eventos de extinción pueden afectar ciclos geoquímicos y la estabilidad de ecosistemas.

El desarrollo de herramientas avanzadas en biología y geociencias promete avances significativos en el estudio de la biodiversidad, su historia y su futuro, especialmente ante los cambios ambientales actuales. Integrar datos y métodos de ambas disciplinas es crucial para comprender mejor la evolución y adaptación de la vida en la Tierra.

El estudio de la relación de la biodiversidad con los procesos geológicos involucra, forzosamente, estudiar el registro fósil, normalmente almacenado en secuencias sedimentarias de distintas edades, por lo que es necesario realizar un trabajo de campo extenso y cartografía geológica que permitan establecer las relaciones litológicas del registro sedimentario y su evolución. Igualmente es fundamental establecer un marco geocronológico, así como un trabajo importante de curado de material fósil (polen, diatomeas, vertebrados e invertebrados, plantas fósiles). Estudios recientes de la características físicas y mineralógicas del material fósil permiten hacer reconstrucciones

fiomecánicas de los especímenes, mientras que estudios de geoquímica isotópica permiten hacer reconstrucciones sobre la dieta, movilidad y condiciones paleoambientales imperantes durante la vida del fósil. Asimismo, el análisis de la variabilidad de distintos registros fósiles utilizando redes neuronales y metodologías para el análisis de grandes bases de datos permite la reconstrucción de condiciones paleoambientales a nivel regional.

¿CÓMO SE RELACIONAN EL CLIMA Y LA ZONA CRÍTICA EL CLIMA?

La Zona Crítica (ZC) es la zona en la superficie terrestre que permite que la vida exista en nuestro planeta y abarca desde el dosel de los árboles a la zona más profunda del agua subterránea. El agua y los gases atmosféricos se mueven a través de esta zona, la cual es transformada por eventos de corta duración (precipitación, cambios de uso de suelo y vegetación) o aquellos que suceden a lo largo de tiempos geológicos (eventos tectónicos y climáticos). Estos eventos tienen impacto en la calidad, erosión y generación del suelo, en el transporte de contaminantes, el ciclo de carbono y el ciclo hidrológico. Varios componentes de la ZC tienen impacto tanto en el clima local como regional; en particular los suelos y la vegetación influyen en la interacción tierra-atmósfera: la evapotranspiración es determinada por la humedad en el suelo y el tipo de cobertura vegetal. A su vez, el suelo y el tipo de cobertura vegetal influyen en el escurrimiento superficial, erosión y, eventualmente, en la recarga a los acuíferos. Entender la relación entre la ZC y el clima por medio de monitoreo de campo, en conjunto con el uso de herramientas como sensores remotos y modelación geoespacial es crucial para desarrollar políticas públicas de desarrollo sostenible que logren mitigar impactos negativos tanto al medio ambiente como a la sociedad.

El estudio de la zona crítica se lleva a cabo de una manera interdisciplinaria; los estudios geoquímicos permiten caracterizar los procesos de interacción agua-roca, incluyendo la alteración mineral de la roca, mientras que los estudios de la zona crítica utilizando métodos de exploración geofísica permite delinear las zonas donde dicha interacción es más importante y, por lo tanto, localizar las unidades geológicas subterráneas que funcionan como acuíferos. Utilizando información obtenida por sensores remotos es posible establecer el balance hídrico del agua superficial a nivel regional y, en conjunto con estudios geológicos y estructurales, establecer las medidas más adecuadas para la administración de los recursos hídricos.

Por otra parte, también es posible establecer las zonas más propensas para el almacenamiento de carbono en la zona crítica, un reservorio no considerado sino hasta recientemente en el ciclo biogeoquímico del carbono, y donde se almacenan miles de millones de toneladas de carbono. El suelo conforma la capa de amortiguamiento de la ZC y su conservación depende directamente del manejo del agua superficial y subterránea, así como del ordenamiento territorial. La importancia del estudio de los suelos desde un punto de vista interdisciplinario es fundamental para lograr la gestión sostenible de este recurso natural e identificar sus condiciones óptimas de conservación y/o uso como base de cultivo, o sustento de infraestructura urbana.

¿QUÉ NOS INDICA EL PASADO DE LA TIERRA SOBRE LA DINÁMICA DEL SISTEMA CLIMÁTICO?

En un ambiente de cambio climático antropogénico, es fundamental comprender la dinámica atmosférica en el corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, el registro instrumental del sistema climático es demasiado corto y con poca extensión geográfica como para poder identificar diversos factores que modulan la dinámica atmosférica y, por ende, el sistema climático. De esta manera es necesario recurrir al registro geológico para poder identificar las consecuencias del cambio climático en el pasado, y poder hacer inferencias sobre la interacción de la atmósfera con los océanos y las diferentes masas continentales.

La Tierra ha experimentado cambios climáticos debido a procesos naturales y antropogénicos. Estudiar el pasado climático nos proporciona información sobre la evolución del sistema climático y sus causas, lo que ayuda a mejorar los modelos de predicción futura. El registro estratigráfico es crucial, ya que ofrece datos sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas desde los inicios de la Tierra. Comprender cómo estas condiciones han variado a lo largo del tiempo geológico es fundamental para entender fenómenos como las extinciones, la aparición de nuevos organismos y las variaciones climáticas debido a la dinámica interna del planeta. Asimismo, el estudio de climas pasados permite validar los modelos de circulación atmosférica globales actuales, factor fundamental para respaldar los posibles escenarios de cambio climático en un planeta con forzamiento radiativo por el CO₂ atmosférico.

La elucidación de la dinámica atmosférica pasada a partir del estudio del registro geológico se realiza principalmente en registros sedimentarios, tales como núcleos de sedimentos, columnas estratigráficas, e incluso estalagmitas, y tiene un componente geoquímico y geocronológico significativo con la finalidad de poder identificar las consecuencias del cambio climático bajo un contexto temporal. Las aproximaciones geobiológicas permiten observar las consecuencias ambientales asociadas con el cambio climático, al revelar cambios en vegetación e, incluso, fauna, almacenados en el registro sedimentario. El estudio del contenido de minerales magnéticos en una secuencia sedimentaria puede ser un indicador del cambio en las condiciones de erosión del suelo forzadas por las condiciones climáticas y, por lo tanto, ofrece pistas importantes sobre las condiciones paleoambientales y paleohidroclimáticas.

¿CÓMO ESTÁ CAMBIANDO EL CICLO DEL AGUA EN LA TIERRA?

El cambio climático, el aumento de la población, la urbanización, la deforestación, el almacenamiento de agua en grandes embalses, así como la extracción de agua superficial y subterránea está modificando el ciclo hidrológico del agua. El cambio climático está ocasionando cambios en la vegetación y en la ocurrencia de eventos extremos tanto de precipitación como de temperatura, los cuales inciden en el escurrimiento superficial, en la evapotranspiración y en la recarga a los acuíferos. Para entender cómo se está modificando el ciclo hidrológico es necesario desarrollar estudios que incluyan la variación espacio-temporal de variables climatológicas,

de cobertura vegetal (p. ej. urbanización y deforestación), de tipos de suelo y la integración del agua superficial y subterránea, considerando la zona vadosa.

El entendimiento de los cambios actuales y futuros en el ciclo del agua requiere de un conocimiento fundamental del sistema hídrico terrestre, y de cómo el ciclo del agua interactúa con otros procesos físicos, químicos y biológicos. Se requiere un conocimiento de los ciclos biogeoquímicos para entender como estos se han alterado con el tiempo y como han afectado al ciclo del agua, de manera que podamos inferir sobre las posibles consecuencias al cambio climático actual.

Es cada vez más evidente que no se puede separar el ciclo del agua de las actividades humanas, por lo que es imperante caracterizar el ciclo urbano del agua para cuantificar esa relación. El ciclo urbano del agua incluye el conjunto de actividades realizadas para el abastecimiento o suministro de agua potable a una comunidad, así como las actividades realizadas para saneamiento o el tratamiento y retorno del agua para preservar la cantidad y calidad del agua utilizada. El adecuado mantenimiento del ciclo urbano del agua depende de la conservación del ciclo hidrológico y de los recursos naturales asociados a la preservación del agua como el suelo y la vegetación.

El agua subterránea forma parte integral del ciclo del agua, y su relación con los flujos de agua en la superficie terrestre tienen que ser caracterizados. Los patrones de flujo de agua subterránea son cada vez más complejos y se deben llevar a cabo estudios de prospección profunda, estudios estratigráficos y estructurales para integrar un modelo de hidrogeológico conceptual robusto, que permita la cuantificación de los recursos hídricos y de la vulnerabilidad del sistema. Es necesario desarrollar investigación en la caracterización de la complejidad de los sistemas acuíferos para mejorar las capacidades de los modelos que permitan para obtener beneficios tanto científicos como sociales.

¿CÓMO PUEDEN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA REDUCIR EL RIESGO DE ORIGEN GEOLÓGICO?

El riesgo está ligado a la vulnerabilidad de la población y al peligro al que está expuesta. Con un mejor conocimiento de los peligros, se pueden tomar medidas para preparar a la población y la infraestructura, aumentando la resiliencia. En el caso de peligros geológicos como volcanes, sismos, inundaciones, deslizamientos de tierra y hundimientos, el

estudio de estos fenómenos permite identificar zonas de posible impacto, determinar la magnitud de los eventos y, en algunos casos, instaurar sistemas de alerta temprana. Esto reduce la vulnerabilidad y, por ende, el riesgo.

El conocimiento de los fenómenos geológicos es esencial para la construcción de mapas de peligros, herramientas fundamentales para la planificación territorial y la mitigación de efectos. El Enfoque interdisciplinario es crucial para un estudio integral de los peligros geológicos y su impacto.

Los riesgos geológicos han causado entre 6.5 y 14 billones de dólares en daños y aproximadamente 8 millones de muertes entre 1900 y 2015. La colaboración con disciplinas como la ingeniería, ciencia de datos, psicología de desastres, ciencias de la salud, y políticas gubernamentales es esencial para reducir el riesgo. Sin embargo, una comprensión predictiva y cuantitativa de los peligros geológicos por parte de los científicos de la Tierra es fundamental para estos esfuerzos.

Análisis recientes han demostrado que aun existen aspectos fundamentales de los peligros geológicos que necesitan ser mejor comprendidos, por ejemplo, el terremoto de Tohoku-oki en 2011 reveló una complejidad inesperada en la región de subducción. El reciente hiato en terremotos superficiales en California y la erupción de Kilaua en 2018 también destacan la incertidumbre en la predicción de estos eventos, incluso en los sistemas más estudiados.

Idealmente, la investigación interdisciplinaria en peligros geológicos busca desarrollar sistemas de alerta temprana para salvar vidas y proteger propiedades. Requiere de estudiar y conocer de manera detallada los diversos procesos naturales que pueden vulnerar la seguridad de la población e incrementar el peligro, por lo que requiere de trabajo de campo extensivo para identificar los principales factores de riesgo, así como las zonas con más riesgo de ser afectadas, y contar con herramientas cartográficas detalladas. Requiere, asimismo, el modelado de posibles escenarios con la finalidad de prever las posibles consecuencias a la población y, por lo tanto, diseñar e implementar las medidas de mitigación necesarias.

Este trabajo es intrínsecamente transdisciplinario, al requerir conocimientos avanzados de procesos geológicos, pero también de las implicaciones sociales y económicas de dichos procesos pueden tener. El uso de sistemas de información geográfica, información de datos de sensores remotos, así como la caracterización y modelación de procesos de remoción de masa, inundaciones y sismos son de vital importancia para reducir los riesgos de origen geológico.

Editado por:
J Jesús Silva Corona

Instituto de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México

Diciembre 2024

20²⁴
28

